

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra robototechniky

Konstrukční návrh motorizovaného vozíku pro golfové hole

Mechanical Design of a Motorized Golf Trolley

Student:

Lukáš Kušnír

Vedoucí bakalářské práce

Ing. Václav Krys, Ph. D.

Ostrava 2011

Zadání bakalářské práce

Student: **Lukáš Kušnír**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2301R013 Robotika
Specializace: 70 Robotika
Téma: **Konstrukční návrh motorizovaného vozíku pro golfové hole**
Mechanical Design of a Motorized Golf Trolley

Zásady pro vypracování:

1. Analyzujte stávající konstrukce elektrických golfových vozíků pro golfové hole. Specifikujte požadavky pro konstrukci vlastního vozíku. Zpracujte rešerši vhodných pohonů a energetických zdrojů.
2. Navrhněte varianty koncepčního řešení motorizovaného golfového vozíku. Specifikujte funkční požadavky na řídicí jednotku vozíku.
3. Vybrané koncepční řešení detailně rozpracujte do úrovně detailního 3D modelu.
4. Práci doplňte podrobnou technickou dokumentací. Výkresovou dokumentaci vypracujte dle pokynů vedoucího práce.
5. Práci též doložte v elektronické podobě ve formátu MS WORD a konstrukční řešení v CAD systému (podle pokynů vedoucího).

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

NOVÁK, P. *Mobilní roboty: pohony, senzory, řízení*. 1. vydání. Praha: BEN Praha, 2005. 247 s. ISBN 80-7300-141-1.

KÁRNÍK, L. *Servisní roboty*. 1. vydání. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2004. 139 s. ISBN 80-248-0626-6.

KÁRNÍK, L.; KNOFLÍČEK, R.; MARCINČIN, J. N. *Mobilní roboty*. 1. vydání. Opava: Márfy Slezsko, 2000. 212 s. ISBN 80-902746-2-5.

DRASTÍK, F. *Technické kreslení I. – pravidla tvorby výkresů ve strojírenství*. 2. vydání. Ostrava: Montanex Ostrava, 2005. 260 s. ISBN 87-7225-195-3.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

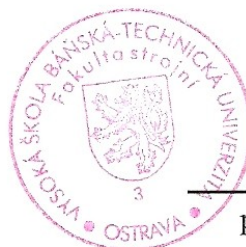
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Václav Krys, Ph.D.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011



prof. Dr.Ing. Petr Novák
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 23. 5. 2011

.....
Lukáš Kušnír

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnou licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 23. 5. 2011

.....
Lukáš Kušnír

Jméno a příjmení autora práce:

Lukáš Kušnír

Adresa trvalého pobytu autora práce:

**Nádražní, 222
747 22 Dolní Benešov**

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

KUŠNÍR, L. *Konstrukční návrh motorizovaného vozíku pro golfové hole: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra robototechniky, 2011, 63. Vedoucí práce: Ing. Václav Krys Ph. D.

Bakalářská práce se zabývá návrhem motorizovaného vozíku pro golfové hole. Úvodní část popisuje stávající konstrukce elektrických golfových vozíků. Pro konstrukci vlastního vozíku jsou specifikovány požadavky s využitím vhodných pohonů a energetických zdrojů. Dále jsou zpracovány tři varianty konstrukce golfových vozíků s jejich popisy. Pomocí metody vícekritériálního hodnocení je vybrána optimální varianta řešení. Tato varianta je posléze podrobněji popsána a vymodelována do úrovně detailního 3D modelu. Dále je doložena výpočtovou zprávou. V závěru je práce zhodnocena, doložena přílohami, sestavným výkresem a vybranými výrobními výkresy.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

KUŠNÍR, L. *Mechanical Design of a Motorized Golf Trolley: Master bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Robotics, 2011, 63. Thesis head: Ing. Václav Krys Ph. D.

The bachelor thesis deals with the design of a motorized cart for golf clubs. The introductory part describes the present design of electric golf carts. There is a summary of requirements for proper drive and energy resources for design of the cart. Three variants of construction of golf carts with their descriptions are elaborated. The optimal option was chosen by the method of multi-criteria evaluation (MCE). This option is then analysed in detail and modelled to the level of detailed 3D model. A calculation report is also a part of the thesis. In conclusion, the work is evaluated and attachments, assembly drawings and some production drawings are enclosed.

Obsah bakalářské práce

Seznam použitých značek a symbolů	8
Úvod.....	10
1 Analýza stávajících konstrukcí golfových vozíků pro golfové hole.....	11
1.1 Golfové vozíky určené k přepravě golfových bagů, bez elektrického pohonu. ..	11
1.2 Golfové vozíky s elektrickým pohonem, určené k přepravě golfového vybavení a osob	13
1.3 Golfové vozíky s elektrickým pohonem, určené k přepravě golfového bagu	13
2 Současní výrobci golfových vozíků	14
2.1 Motocaddy	15
2.2 Bat – Caddy	15
2.3 Big Max	16
2.4 JuCad	17
2.5 Přímé srovnání golfových vozíků	17
3 Požadavky pro konstrukci vlastního golfového vozíku	18
3.1 Popis pohonu golfového vozíku	19
3.2 Energetické zdroje golfového vozíku	20
4 Koncepční varianty řešení golfového vozíku.....	23
4.1 Varianta A.....	24
4.2 Varianta B	25
4.3 Varianta C	26
5 Výběr optimální varianty – hodnotová analýza	28
5.1 Hodnoty jednotlivých kritérií.....	28
5.2 Charakteristika hodnotících kritérií	28
5.3 Významnost kritérií	29
5.4 Vážený index kritéria.....	29
5.5 Součet vážených indexů a stanovení pořadí varianty	30

5.6	Zhodnocení kapitoly	30
6	Konstrukční řešení vybrané optimální varianty	31
6.1	Podvozek golfového vozíku.....	31
6.2	Nosná část golfového vozíku.....	33
6.3	Pohonné ústrojí	34
6.4	Uložení pohonného ústrojí.....	35
6.5	Upevnění zadních kol	35
6.6	Upevnění předního kola.....	36
6.7	Použitá kola a pneumatiky	36
6.8	Požadavky na golfový vozík.....	37
6.9	Elektrický golfový vozík	39
7	Výpočet a kontrola hlavních částí golfového vozíku	40
7.1	Rozložení sil a hmotností.....	40
7.2	Návrh pohonů golfového vozíku	43
7.3	Zdroj golfového vozíku	56
8	Závěr	59
9	Seznam použité literatury.....	60
10	Seznam příloh.....	62

Seznam použitých značek a symbolů

značka	popis	jednotka
a_{vmax}	maximální zrychlení vozíku	$m \cdot s^{-2}$
DC	synchronní motory	-
e	excentricita radiální reakce terénu	m
f_k	součinitel valivého odporu kola	-
F_{Kj}	síla jednoho hnacího kola	N
G	celková tíha golfového vozíku	N
g	tíhové zrychlení	$m \cdot s^{-2}$
I_{OM}	maximální proud odebíraný motory	A
i_p	potřebný převodový poměr	-
K_A	celková kapacita akumulátoru	$A \cdot h$
K_{AM}	kapacita akumulátoru určeného motoru	$A \cdot h$
m	hmotnost	kg
M_H	hnací moment působící na jedno kolo	$N \cdot m$
M_{Kj}	krouticí moment jednoho hnacího kola	$N \cdot m$
M_m	jmenovitý moment motoru	$N \cdot m$
M_{msk}	skutečný moment motoru	$N \cdot m$
M_{sk}	skutečný krouticí moment	$N \cdot m$
n	počet poháněných kol	-
n_M	jmenovité otáčky motoru	min^{-1}
$n_{prům}$	průměrné otáčky	min^{-1}
O_f	valivý odpor	N
O_v	vzdušný odpor	N
O_s	odpor stoupání	N
O_z	odpor zrychlení	N
R	součet všech jízdních odporů působících proti směru jízdy	N
R_a	reakce na předním kole	N
R_b	reakce na zadních kolech	N
r_K	valivý poloměr kola	m
Δt	změna času	s
Δv	změna rychlosti	$m \cdot s^{-1}$

q	váha významnosti	-
Z_K	radiální reakce podlahy	N
α	úhel sklonu	°
η_p	účinnost převodovky	-
ϑ	součinitel vlivu rotačních částí zohledňujících odpor rotujících součástí pohonu	-

Úvod

V současné době, kdy lidé tráví většinu času v kancelářích, se stávají čím dál více populárnější venkovní sporty. Mezi ně taky jednoznačně patří golf. Dříve byla tato aktivita zařazována jako sport pro bohaté manažery, nyní se však golf dostává do povědomí více lidí. Počet hráčů se také rok od roku zvyšuje, na celém světě jich je na šedesát milionů, což golf řadí na druhou příčku v žebříčku počtu hráčů, hned po volejbale.

Většina golfových hřišť je složena z 9 nebo 18 jamek. Jamka znamená jak díru vyvrtanou v zemi, tak i vzdálenost mezi odpalištěm a greenem příslušné jamky. Vzdálenosti mezi odpalištěm a greenem jsou různé, záleží na paru jamky. Pro par 3 je tato vzdálenost menší než 224 m, pro par 4 od 225 m do 434 m, pro par 5 je to vzdálenost větší než 435 m a pro par 6 je to více než 631 m. Tyto velké vzdálenosti a zároveň váha velkého bagu s holemi, který může vážit až 25 kg, jsou důvody, proč hráči raději volí jiné alternativy. Golfové vozíky ušetří nejen sílu na samotnou hru, ale mohou se stát, díky velké nabídce na trhu, i skvělým designovým doplňkem každého hráče.

V dnešní době je na trhu nepřeberné množství golfových vozíků, lišící se svým pohonem, velikostí, tvarem, materiálem i cenou. Vybírat lze z vozíků klasických, určených pro začátečníky, kde se o pohon stará samotný hráč. Další možností jsou vozíky s elektrickým pohonem, kde práci člověka nahrazuje elektromotor.

Cílem této bakalářské práce je konstrukční návrh motorizovaného vozíku pro golfové hole, který je složitelný a konstrukčně jednoduchý. První část práce se týká analýzy stávajících konstrukcí elektrických golfových vozíků pro golfové hole. Dále jsou specifikovány požadavky pro konstrukci vlastního vozíku, zpracována rešerše vhodných pohonů a energetických zdrojů. Z modelovaných 3 variant řešení je pomocí hodnotové analýzy vybrána jedna optimální varianta. Tato varianta je poté podrobně rozpracována a doložena výpočty. V závěru je práce zhodnocena, opatřena přílohami, sestavným výkresem a vybranými výrobními výkresy.

1 Analýza stávajících konstrukcí golfových vozíků pro golfové hole

Ještě v dobách nedávno minulých bylo při golfu potřeba tzv. caddies, což jsou nosiči golfových holí. Doba se ovšem změnila, povolání caddy se skoro vytratilo a hráči si své golfové bagy museli většinou nosit sami. Tento stav ovšem nevydržel příliš dlouho. Ne každý je schopen nést si svůj bag a ještě navíc slušně zahrát. Právě kvůli tomuto problému se brzy objevily firmy zabývající se problematikou golfových vozíků. Golfový vozík představuje konstrukci, která usnadňuje hráči chůzi po golfovém hřišti. V prvopočátcích se uplatňovaly zejména dvoukolové golfové vozíky, které si hráč táhnul za sebou, hráči to ulehčilo, ale stále musel značnou část váhy bagu držet ve svých rukou. Další evolucí proto bylo použití tří a čtyř kolečkových vozíků, které veškerou váhu nesly na své konstrukci samy, a člověk už pouze tlačil svůj vozík před sebou. Vývoj v této oblasti se nezastavil, ba naopak, v posledních letech se ještě více zrychlil. Trendem posledních let je montáž elektromotoru na kolo vozíku a tím odpadla veškerá práce člověka spojená s nošením, taháním nebo tlačáním golfového bagu. V dnešní době se zvyšuje dojezd, snižuje hmotnost, zmenšují rozměry. To vše souvisí s vývojem stále nových materiálů, se zefektivňováním použitých elektromotorů, prodlužováním výdrže baterií a snižování jejich hmotností.

Tato kapitola se zabývá analýzou konstrukcí stávajících golfových vozíků, tím jak vypadají, jaké mají parametry, atd. Snahou je specifikovat požadavky na optimální golfový vozík, který bude dále zpracován.

1.1 Golfové vozíky určené k přepravě golfových bagů, bez elektrického pohonu.

Golfové vozíky určené na přepravu golfových bagů, bez elektrického pohonu jsou vyráběny v provedení dvoukolovém, tříkolovém nebo čtyřkolovém. Vozíky v dvoukolovém provedení jsou ty nejzákladnější golfové vozíky. Vyznačují se naprostou jednoduchostí a velmi nízkou cenou. Rám se obvykle skládá z jednoduchých trubek, spojených klouby a opatřených dvěma koly. U těchto vozíků je kladen důraz na velmi dobrou skladnost a nízkou hmotnost. Nevýhodou u těchto vozíků je zejména to, že člověk musí při tlačení nebo tažení držet značnou část hmotnosti bagu ve svých rukou. Příklad dvoukolového vozíku, jak ve složeném tak v rozloženém stavu je na Obrázek 1.



Obrázek 1 - dvoukolový golfový vozík bez elektrického pohonu [5]

Golfové vozíky v tříkolovém a čtyřkolovém provedení se také řadí k vozíkům vyznávajícím jednoduchou a snadno složitelnou konstrukci. Je zde kladen důraz na nízkou hmotnost a na co nejnížší náklady. Vozíky se dále vyznačují velmi dobrou stabilitou, to je dáno použitím tří koleček, které tvoří trojúhelník nebo obdélník u čtyřkolového podvozku. Těžiště vždy leží uvnitř těchto obrazců, proto je stabilita na velmi vysoké úrovni. Tyto golfové vozíky mají oproti dvoukolovým tu výhodu, že člověk už nemusí určitou část váhy bagu nést na ruku. Veškerou váhu bagu nese samotný rám vozíku, člověk už pouze táhne nebo tlačí tento vozík. Ovšem stejně jako u vozíků dvoukolových i u tří a čtyřkolových bez elektrického pohonu je hlavní nevýhodou právě absence pohonu a tudíž musí člověk stále vynaložit práci k tomu, aby převezl golfový bag po hřišti z odpaliště ke greenu.



Obrázek 2 – příklad čtyřkolového a tříkolového golfového vozíku bez elektrického pohonu[5]

1.2 Golfové vozíky s elektrickým pohonem, určené k přepravě golfového vybavení a osob

Golfové vozíky tohoto typu se používají pro přepravu golfového vybavení a také osob, kde tato osoba golfový vozík zároveň řídí. V tomto typu vozíku sedí člověk uvnitř a řídí kola vozíku pomocí volantu. Pomocí pedálu brzdy a plynu reguluje řidič rychlost golfového vozíku. Tyto golfové vozíky ze všeho nejvíce připomínají malé automobily. Také proto je zde místo pro posádku vozíku, kterou zpravidla tvoří maximálně dva lidé a prostor pro zavazadla. V tomto případě pro golfový bag a golfové hole. Pro pohon těchto vozíků se používají buď elektromotory, nebo malý spalovací motor. Velkou výhodou těchto vozíků je naprostá nenáročnost na vynaloženou práci člověka, ten pouze naloží bag, nastoupí a už pouze řídí. Bohužel velkou nevýhodou je zde nemožnost složení golfového vozíku, naložení například do auta a odvoz domů, v důsledku velikosti a hmotnosti těchto vozíků. Proto se tyto vozíky používají pouze na velkých golfových hřištích, kde je možnost zapůjčení. Další nevýhodou je omezený pohyb těchto vozíků jelikož se většinou mohou pohybovat pouze po vyznačených trasách, aby nepoškodily trávník.



Obrázek 3 – golfový vozík Yamaha drive, určený k přepravě osob a golfového vybavení [6]

1.3 Golfové vozíky s elektrickým pohonem, určené k přepravě golfového bagu

Tyto golfové vozíky v dnešní době zažívají největší rozmach. Je to mezistupeň mezi golfovými vozítky a golfovými vozíky bez pohonu. Tyto golfové vozíky mají ovšem mnohem blíže k vozíkům popisovaným v kapitole 1.1. Jsou to stejné typy opatřené baterií a elektromotorem. U těchto vozíků je opět kladen důraz na co nejnižší hmotnost, ovšem ne tak už na cenu. Hmotnost vozíků je limitována faktory jako je pevnost všech nosných komponent vozíků, hmotnosti elektromotorů a v neposlední řadě také poměrně těžkých

baterií, bez kterých by se elektromotory nerozjely a nevedly vozík do pohybu. Pro poháněné vozíky se dvukolový typ vozíků naprosto nehodí. V naprosté většině případů se setkáváme s tříkolovými golfovými vozíky. Ovšem nejsou výjimkou ani některé čtyřkolové vozíky, stabilita je v těchto dvou případech poměrně stejná. Vzhledem k tomu, že je u těchto vozíků použit elektropohon s bateriemi, které představují přídatnou zátěž je potřeba snižovat hmotnost komponent vozíků, ne však na úkor pevnosti. V důsledku toho se u vozíků v nejlevnější kategorii používají vysokopevnostní oceli. U střední třídy vozíků, kterou používá zdaleka největší počet hráčů je použit hliník. Top třídě vozíků vládou materiály, jako jsou uhlíková vlákna nebo titan. Výhodou těchto golfových vozíků je fakt, že se hráč nemusí vůbec vláčet se svým bagem, naloží jej na vozík a pomocí řídítek nebo dálkovým ovladačem ovládá vozík. Nevýhodou je skutečnost, že si na tento vozík hráč sám sednout nemůže a proto musí jít po celém golfovém hřišti po svých.



Obrázek 4 – příklad golfového vozíku s elektrickým pohonem [7]

2 Současní výrobci golfových vozíků

V předchozí kapitole byly popsány jednotlivé druhy a stávající konstrukce golfových vozíků. Další kapitoly se zabývají golfovými vozíky s elektrickým pohonem, určenými pouze k přepravě golfového bagu s holemi. V této kapitole jsou představeni někteří současní výrobci těchto golfových vozíků. Jsou zde vybrány nejlepší modely firem a analyzovány jejich parametry.

2.1 Motocaddy

Firma Motocaddy byla založena v srpnu roku 2004 ve Velké Británii. Sídli ve městě Sturford hned vedle letiště Stansted. Byla založena s cílem přinést do světa elektrických golfových vozíků co nejlepší kvalitu konstrukce, styl, spolehlivost a cenovou dostupnost. Modely tohoto výrobce patří mezi golfisty k velice oblíbeným z důvodu výborného poměru ceny a kvality. Firma na svých vozících používá převážně hliník, při výrobě rámu spolupracuje také s leteckým koncernem Airbus. [7]



Obrázek 5 – golfový vozík Motocaddy S1

Výkon motoru	200	W
Napájecí napětí	12	V
Váha (bez baterie)	8, 6	kg
Nosnost	20	kg
Max. sklon terénu	20	°
Rozměry ve složeném stavu (D x Š x V)	850 x 560 x 350	mm

Tabulka 1 – parametry golfového vozíku Motocaddy S1

2.2 Bat – Caddy

Je společnost sídlící ve Spojených Státech Amerických ve městech New York a Florida. Byla založena podobně jako Motocaddy v roce 2004. Společnost původně nabízela své produkty hlavně ve spojených státech, kde golfová hřiště a golf zažívají obrovský boom. Výrobce patří do střední třídy, stejně jako firma Motocaddy. Snaží se nabídnout co nejlepší kvalitu a výkon za co nejnižší cenu. V současné době se firma snaží uplatnit na celém světě od Ameriky až po Austrálii. [8]



Obrázek 6 – golfový vozík Bat – Caddy X2 Pro

Výkon motoru	200	W
Napájecí napětí	12	V
Váha (bez baterie)	11, 5	kg
Nosnost	30	kg
Max. sklon terénu	30	°
Rozměry ve složeném stavu (D x Š x V)	850 x 510 x 305	mm

Tabulka 2 – parametry golfového vozíku Bat – Caddy X2 Pro

2.3 Big Max

Společnost Big Max je předním evropským výrobcem golfových vozíků, s cílem stát se světovým lídrem v tomto segmentu trhu. Byla založena v roce 1994 v Rakousku. Ve své nabídce má více typů vozíků, lišících se různou konstrukcí. [9]



Obrázek 7 – golfový vozík Big Max Gamma

Výkon motoru	150	W
Napájecí napětí	12	V
Váha (bez baterie)	9, 9	kg
Nosnost	20	kg
Max. sklon terénu	20	°
Rozměry ve složeném stavu (D x Š x V)	795 x 570 x 380	mm

Tabulka 3 – parametry golfového vozíku Big Max Gamma

2.4 JuCad

JuCad je německá firma, která se od roku 1980 zabývala vývojem a výrobou systémů na ohýbání trubek. V roce 1988 začal zakladatel firmy takto nabyté zkušenosti uplatňovat na výrobu exkluzivních golfových vozíků. Firma vyrábí elegantní, velmi malé a lehké golfové vozíky. Vozíky jsou dělány na zakázku a jsou ručně montovány. JuCad jsou mistři v oboru elektrických golfových vozíků. Zavádějí nové technologie, jako je například výroba trubek z titanu nebo uhlíkových vláken. Patří k nejlepším, ale zároveň také k nejdražším výrobcům. [10]



Obrázek 8 – golfový vozík JuCad Carbon Travel

Výkon motoru	2 x 150	W
Napájecí napětí	48	V
Váha (bez baterie)	7	kg
Nosnost	25	kg
Max. sklon terénu	30	°
Rozměry ve složeném stavu (D x Š x V)	600 x 300 x 100	mm

Tabulka 4 – parametry golfového vozíku JuCad Carbon Travel

2.5 Přímé srovnání golfových vozíků

Jsou zde shrnuty parametry vozíků, které jsou uvedeny výše. Z těchto údajů budou níže vyspecifikovány parametry potřebné pro konstrukci řešeného vozíku.

	Motocaddy S1	Bat-Caddy X2 Pro	Big Max Gamma	JuCad Carbon Travel
Výkon motoru	200 W	200 W	150 W	2 x 150
Napájecí napětí	12 V	12 V	12 V	48 V
Váha (bez baterie)	8, 6 kg	11, 5 kg	9, 9 kg	7
Nosnost	20 kg	30 kg	20 kg	25
Max. sklon terénu	20°	30°	20°	30
Rozměry ve složeném stavu (D x Š x V) mm	850 x 560 x 350	850 x 510 x 305	795 x 570 x 380	600 x 300 x 100

Tabulka 5 – srovnání parametrů golfových vozíků

3 Požadavky pro konstrukci vlastního golfového vozíku

Požadavky pro konstrukci vlastního golfového vozíku vyvstanou ze srovnání parametrů nejlepších modelů firem zabývajících se výrobou elektrických golfových vozíků. Parametry by měly být lepší nebo alespoň podobné jako v Tabulka 5.

Hlavní požadavky:

- Hmotnost vozíku do 10 kg (bez baterie).
- Nosnost 30 kg.
- Maximální rychlost 8 km/h.
- Napájecí napětí buď 12V nebo 24V. Napájecí napětí by nemělo být vyšší než maximální bezpečné stejnosměrné napětí.
- Maximální možný sklon terénu 30°. Je to sklon terénu, který musí plně naložený golfový vozík vyjet do kopce.
- Doba provozu 6 hodin. Tato doba provozu odpovídá 2 krát objetému 18 jamkovému hřišti.

Vedlejší požadavky:

- Složitelnost konstrukce. Konstrukce golfového vozíku musí být opakovatelně a jednoduše složitelná a rozložitelná.
- Minimální přepravní rozměry.
- Regulace rychlosti vozíku na rukojeti.
- Možnost ovládání vozíku na dálku.
- Možnost výměny baterií.
- Držák scorekarty.
- Možnost připojení digitální scorekarty (tablet, smartphone).
- Držák na deštník a různé příslušenství (držák míčků, ručníku, atd.).

3.1 Popis pohonu golfového vozíku

Elektrický pohon je zařízení, které přeměňuje vstupní energii (elektrickou) na mechanický pohyb (lineární, rotační). Pohonná jednotka jako celek se skládá z motoru, dále pak zařízení pro regulaci vstupní energie do motoru (řídící jednotka) a zařízení starajícího se o přenos mechanického pohybu z motoru k akčnímu členu (převodovka).

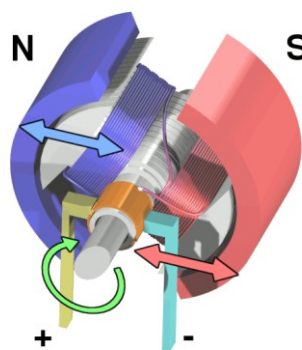
Pro použití elektrického motoru k aplikaci na golfovém vozíku se vzhledem k tomu, že je potřeba použít baterie, jeví jako jediná vhodná varianta stejnosměrný elektromotor.

3.1.1 Stejnosměrný elektromotor

Stejnosměrný elektromotor je elektromotor s permanentními magnety, je velmi často používaným typem motoru v oblasti pohonů mobilních robotů, golfových vozíků atd. Mezi jeho výhody patří zejména velice příznivý poměr cena/výkon, relativně snadné řízení otáček, u běžných typů pak také cena, dostupnost a široká nabídka. Mezi nevýhody patří složitější a tedy i dražší rychlostní a zejména polohové řízení v porovnání například s krokovým motorem, dále díky komutátoru je pak tento motor zdrojem elektromagnetického rušení a jiskření. Stejnosměrný motor obvykle pracuje na relativně vysokých otáčkách a nízkém momentu, což je pro potřebu pohonu golfového vozíku nevýhodné. Řešením je použít převodovku, může být již součástí daného motoru. Spolu s převodovkou se motor také může dodávat se senzorem polohy a rychlosti. Výhodou je kompaktnost takového pohonu. [1]

Princip:

Ve vnitřním magnetickém poli se nachází smyčka, kterou protéká proud. Ten indukuje magnetické pole, které je vždy orientováno stejně jako vnější magnetické pole. Toho je dosaženo díky komutátoru, který změni směr proudu smyčkou pokaždé, když dojde k překlpení. [11]



Obrázek 9 – princip stejnosměrného elektromotoru

3.2 Energetické zdroje golfového vozíku

Pro golfový vozík se jako vhodné zdroje energie jeví elektrochemické zdroje elektrické energie. Jsou to zařízení používaná k přeměně chemické energie v elektrickou energii. Jejich princip je založen na chemické reakci, při níž dochází k uvolňování energie v podobě stejnosměrného elektrického proudu. Historicky první stálý zdroj elektrického proudu sestrojil Alessandro Volta, šlo o galvanický článek, který je složen z měděné a zinkové elektrody ponořené do roztoku kyseliny sírové. [13]

Galvanické články lze dělit:

- Primární články – jsou to články, které lze použít pouze jednou. Všeobecně jsou tyto články nazývány jako baterie. Tyto baterie se po sestavení stávají okamžitým zdrojem elektrické energie. Po vybití jsou již dále jako zásoba elektrické energie nepoužitelné.
- Sekundární články – nebo li také akumulátory, jsou to články, které mají schopnost v sobě akumulovat elektrickou energii. Tyto články lze po jejich vybití opětovně nabíjet.
- Palivové články – je to zařízení vytvářející elektrickou energii pomocí elektrod, ke kterým je přiváděno palivo (k anodě) a okysličovadlo (ke katodě). Palivo a okysličovadlo je potřeba do tohoto systému dodávat neustále. Tento článek má teoreticky neomezenou výdrž.

3.2.1 Primární článek

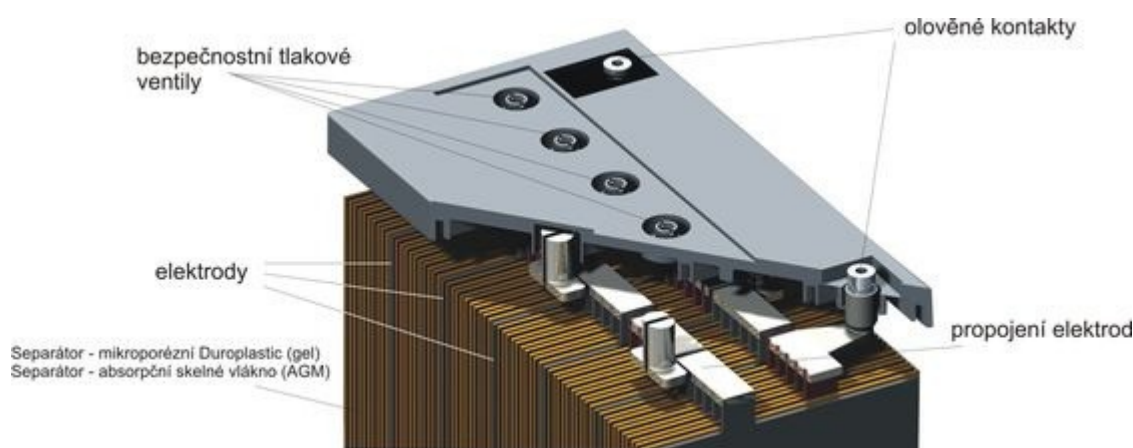
Primární články jsou články na jedno použití, ale i v dnešní době najdou své uplatnění. Tyto články se uplatňují hlavně v přístrojích s nízkým odběrem elektrické energie. Primární články se ovšem pro aplikaci golfového vozíku nehodí, důvodem by byla vysoká cena baterií a nutnost jejich časté výměny, prakticky po každém použití vozíku.

3.2.2 Sekundární článek

Také se jim říká akumulátory. Používají se velmi často jako zdroj elektrické energie v mobilních a servisních robotech. Díky jejich schopnosti se opakovaně vybíjet a nabíjet se také velice dobře hodí pro aplikace v golfových vozících. Dají se také velice dobře použít tam, kde není dobrý přístup k akumulátorům a nedají se jednoduše vyměnit. Pak stačí k akumulátoru pouze dovést dobíjecí kabel. Vzhledem k jejich schopnosti opakovaného nabíjení jsou akumulátory ekonomicky výhodnější než baterie.

Olověný akumulátor

Olověné akumulátory jsou v dnešní době nejpoužívanějšími sekundárními články. Jsou rozšířené díky přijatelné ceně, spolehlivosti a dobrému výkonu. Elektrody u tohoto typu akumulátoru jsou vyrobeny z olova, jako elektrolyt je použita kyselina sírová (H_2SO_4). Používají se zejména v automobilech jako startovací zdroj. Mají vysokou kapacitu a snášejí velké proudové odběry. Jejich nevýhodou je velká hmotnost a nemožnost úplného vybití. [12]



Obrázek 10 – Olověný akumulátor

Niklkadmiový akumulátor

Tento akumulátor je složen ze tří vrstev, kladnou elektrodu tvoří hydroxid niklu, zápornou kadmium. Vrstvy jsou odděleny separátorem obsahující elektrolyt, hydroxid draselný. Elektrody jsou spojeny s kladným a záporným pólem. Výhodou je vyšší proudová zatížitelnost a schopnost pracovat při nízkých teplotách. Nevýhodou akumulátoru je jeho nižší kapacita, náchylnost na paměťový efekt, trpí samovybíjením a má vyšší hmotnost. [13]

Niklmetalhydridový akumulátor

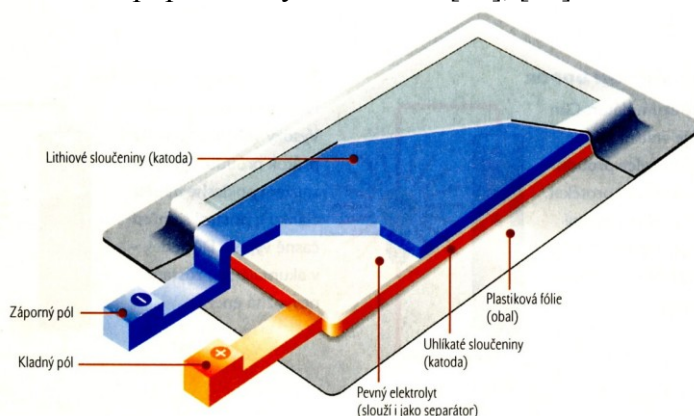
Je podobné stavby jako niklkadmiový akumulátor, jsou zde ovšem použity ekologičtější materiály. Rozdílné jsou v použití materiálu záporné elektrody. Namísto jedovatého kadmia je zde použita kovová slitina. Tyto články mají téměř dvojnásobnou kapacitu oproti niklkadmiovým. [13]

Lithium – iontový akumulátor (Li – Ion)

Katoda je u tohoto akumulátoru tvořena lithiumpkobaltovým oxidem v jehož krystalové mřížce jsou ionty lithia. Anoda je pak tvořena uhlíkem s obsahem iontů lithia. Elektrolyt obsahuje organická rozpouštědla. Je jimi buď propylen nebo etylenkarbonát. U těchto akumulátorů hrozí vytečení elektrolytu, a proto většinou mají kovový obal, což zvyšuje jejich hmotnost. Netrpí paměťovým efektem a mají přibližně tři krát vyšší kapacitu než niklkadmiové akumulátory. Většinou mají elektroniku hlídající přehřívání při nabíjení. Akumulátory mají při přetížení tendenci vybuchovat. [13]

Lithium – železo – fosfátová akumulátor (LiFePO_4)

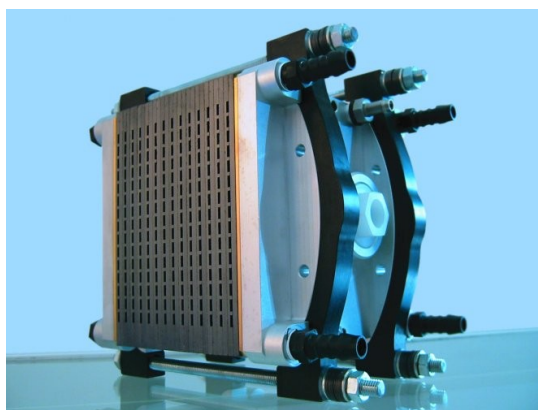
Toto označení získaly akumulátory díky katodě, která je vyrobena z LiFePO_4 . Anoda je pak vyrobena jako u ostatních Li – Ion akumulátorů z uhlíku. Tento typ akumulátoru má místo tekutého elektrolytu pevný, díky tomu nevytéká a není potřeba používat těžké železné obaly. Hlavní předností oproti klasickým Li – Ion akumulátorům je schopnost dodat vysoké proudy. Další výhody jsou nízké výrobní náklady a také použití netoxických materiálů. Netrpí paměťovým efektem. [13], [14]



Obrázek 11 – LiFePO_4 akumulátor

3.2.3 Palivový článek

Je elektrochemický zdroj elektrické energie založený na principu chemické reakce mezi redukčním a oxidačním činidlem. Velikost proudové zátěže je závislá na dodávce těchto činidel. Ty jsou při chemické reakci spotřebovávány. Tento typ článku je teoreticky schopen dodávat elektrickou energii po neomezenou dobu, záleží na doplňování redukčního a oxidačního činidla. Jako palivo pro palivové články se používá převážně vodík. Okysličovadlo pro palivové články se používá peroxid vodíku nebo kyslík. Pro dodávku energie golfovému vozíku je použití palivových článku nevhodné, vzhledem k tomu, že nelze po celou dobu dodávat potřebná činidla. [13]



Obrázek 12 – příklad palivového článku

4 Koncepční varianty řešení golfového vozíku

V této kapitole jsou navrženy a popsány tři rozdílné koncepční varianty řešení elektrického golfového vozíku. Každá z variant by měla mít mechanismus, který umožní složení golfového vozíku. Všechny tři níže uvedené varianty jsou postavené na tříkolovém podvozku. Poháněná jsou vždy zadní kola a to buď jedním, nebo dvěma elektromotory. Přední kolo je nepoháněné a je v provedení otočném, kdy se dokáže natáčet podle směru jízdy nebo v provedení pevném.

4.1 Varianta A

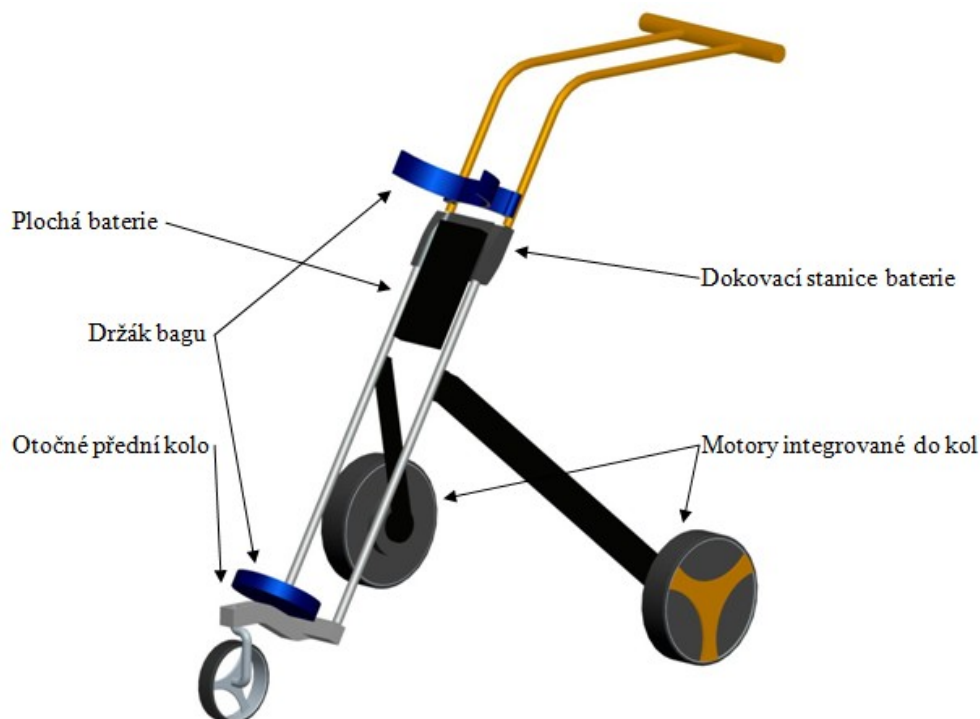
Tato varianta elektrického golfového vozíku se vyznačuje velmi robustním a zároveň jednoduchým rámem. Rám tohoto vozíku je jednoduše složitelný, pomocí několika kloubů. Je tvořen základnou, na které je umístěna odnímatelná baterie. Baterie je pod krytem, který je elegantně a zároveň účelně tvarován. Na základnu, která je trojúhelníkového profilu, navazuje hliníková trubka. V této trubce je umístěna osa kol, převodovka, která rozděluje krouticí moment k oběma kolům. Dále je v trubce diferenciál, brzdy, uložení kolo, ložiska, těsnění atd. Na základnu také navazuje ohýbaná hliníková trubka, která je uprostřed jedné z nich opatřena kloubem a pak také na koncích trubek. Klouby slouží ke složení vozíku. Od jednoho z kloubů směřuje směrem dolů k trubce podpěra, která zvyšuje tuhost celé konstrukce. Cílem u tohoto vozíku je, aby všechny funkční věci jako je baterie, motor, převodovka a kabeláž byly situovány pod krytem. U tohoto vozíku je použit jediný stejnosměrný elektromotor o výkonu 200 W. Krouticí moment je přes převodovku přenášén na zadní kola. Díky použití jediného motoru není možné řídit vozík pomocí diferenciálního řízení, kdy je každé kolo ovládáno jedním motorem. Diferenciální řízení je zde řešeno jiným způsobem. Z motoru je přes převodovku přenášén krouticí moment k diferenciálu, který rozděluje točivý moment pro každé kolo zvlášť. Diferenciální řízení se zde děje díky elektronickým brzdám, pro každé kolo jedna. Při potřebě zatočit dostane daná brzda signál a začne přibrzďovat potřebné kolo. Po přibrzdění začne diferenciál rozdělovat krouticí moment pro každé kolo jinak a tím dochází k zatáčení. Přední kolo není otočné kolem svislé osy, je pouze možné ho naklápět, je zde možnost usmýknutí při malém poloměru zatáčení. Zadní kola jsou odnímatelná, aby při složení vozíku nezabírala příliš mnoho místa.



Obrázek 13 – Popis varianty A

4.2 Varianta B

Varianta B je oproti variantě A trochu složitější konstrukce. Rám vozíku je poměrně jednoduše složitelný. Podpěry, na kterých jsou umístěna kola, mají kloubové uložení, proto se dají složit k rámu vozíku a tím zmenšit jeho přepravní rozměry. Jako základ pro vozík slouží spodní konzole, na kterou jsou připevněny nosné hliníkové trubky. Na tuto konzolu je také umístěno otočné kolo, které se otáčí kolem svislé osy a tím usnadňuje zatáčení vozíku, kolo se ani při malém poloměru zatáčení na trávníku neusmýkne. Na konci hliníkových trubek je rozpěra, na které jsou z druhé strany umístěny řídítka. Ty jsou také tvořeny dvěma hliníkovými trubkami na konci spojeny do držáku s ovládáním. Rozpěra umožňuje zasouvání trubek a tím zároveň přispívá ke zmenšování rozměrů při složení vozíku. Zároveň slouží jako základna pro dokování baterie. Nevýhodou tohoto typu je, že je potřeba použít plochý akumulátor, která se rozměry vejde do dokovací stanice. Z toho vyplývá omezená kapacita akumulátoru, dá se vyřešit koupením více menších akumulátorů, které se v průběhu jízdy budou měnit. Kola vozíku jsou umístěna na hliníkových tyčích na konci s klouby. Kola vozíku mají integrovaný stejnosměrný elektrický motor společně s převodovkou a vším potřebným uvnitř těchto kol. V důsledku tohoto uspořádání je potřeba integrovat do kol poměrně malé motory, které ovšem nemají dostatečný výkon. Další možností je použití diskových elektromotorů, které ovšem při vyšších výkonech mají vyšší také hmotnost a velikost. Při 200 W motoru s integrovanou převodovkou by byl průměr kola okolo 350 mm a hmotnost se pohybovala okolo 10 kg na kolo. Proto je potřeba volit motory, které mají poměr mezi výkonem a hmotností optimální pro použití na elektrickém golfovém vozíku. Optimálně se jeví výkon okolo 100 W na jeden motor. Na tomto vozíku je umožněno zatáčení pomocí jednoduchého diferenciálního řízení. Oproti předchozí variantě odpadá potřeba diferenciálu. Každé kolo je poháněno zvlášť. Při potřebě zatočit vozík je ke kolům vyslán potřebný signál. Každé kolo se začne otáčet rozdílnou rychlostí a tím také dojde k zatočení. Všechny tři kola, jak přední, tak zadní mají dostatečnou šířku, aby dostatečně rozložila hmotnost vozíku a nepoškodila trávník na golfovém hřišti.



Obrázek 14 – Popis varianty B

4.3 Varianta C

Varianta C se ze všech tří navržených variant vyznačuje nejjednodušší konstrukcí. Rám vozíku je jednoduše složitelný pomocí dvou otočných kloubů. Základem tohoto elektrického golfového vozíku je hliníková trubka. Na tuto trubku jsou přivařeny nástavce, do kterých se později vloží zbytek rámu. Dále je na trubce přivařen nástavec, na kterém je připevněn první z otočných kloubů umožňujících skládání. Do tohoto kloubu je usazena ohýbaná hliníková trubka, která je zároveň hlavní nosnou trubkou, na druhém konci je také opatřena kloubem. Do něj zapadá kratší hliníková trubka, která je určena k nesení řídicích a ke korekci potřebné výšky řídicích. Dále se vozík skládá z ohýbaných trubek, které jsou navzájem svařeny a tvoří jakousi vidlici pro připevnění předního kola. Zároveň je na této vidlici umístěna část držáku golfového bagu. Vše je velmi jednoduše demontovatelné pro zmenšení přepravních rozměrů. Přední kolo je otočné okolo svislé osy, při zatáčení tedy nedochází k usmýknutí předního kola a tudíž nepoškozuje trávník na golfovém hřišti. Přední vidlice je také opatřena držákem na baterie, držák je dimenzován na poměrně velkou baterii, která by měla stačit pro pohon vozíku po dostatečně dlouhou dobu bez případné výměny. Základová trubka vozíku je nositelem všech hlavních prvků podílejících se na provozuschopnosti vozíku. Jsou v ní umístěny dva 200 W motory, kde každý z nich

má svou vlastní planetovou převodovku. Dále jsou zde pro každý motor a jeho příslušné kolo umístěna spojka a kuličková ložiska. Toto všechno nesou zadní kola, která jsou velice snadno odnímatelná, aby zmenšovala rozměry vozíku při složení. Vozík dokáže zatáčet díky použití dvou motorů a tudíž diferenciálnímu řízení. To je zde umožněno díky řídicí jednotce, která vysílá signály k jednotlivým motorům a tím se každý z nich může otáčet rozdílnými otáčkami. Při rozdílných otáčkách motoru dojde k zatočení golfového vozíku. Veškerá kabeláž potřebná na tomto vozíku je vedena uvnitř hliníkových trubek a proto tento vozík působí i designově velice čistě.



Obrázek 15 – Popis varianty C

5 Výběr optimální varianty – hodnotová analýza

V této kapitole bude provedena hodnotová analýza variant představených v kapitole 4. Z těchto variant a za pomoci vícekritériálního hodnocení bude vybrána optimální varianta řešení elektrického golfového vozíku. [2]

5.1 Hodnoty jednotlivých kritérií

Pro posouzení úrovně daných kritérií, potřebujeme využít bodovací stupnici. [2]

Hodnocení kritéria	Hodnota kritéria (body)
Vysoká úroveň	10
Dobrá úroveň	8
Průměrná úroveň	5
Nízká úroveň	3
Nevyhovující úroveň	1
Nepřízniví stav	0

Tabulka 6 – Hodnoty jednotlivých kritérií

5.2 Charakteristika hodnotících kritérií

Pro hodnocené tři varianty řešení jsou vybrány tyto hodnotící kritéria.

Kritérium	Popis kritéria	Označení kritéria	Varianta		
			A	B	C
Složitost konstrukce	Počet použitých dílů, jednoduchost montáže	K1	3	5	5
Složitelnost/rozložitelnost	Jednoduchá manipulace s vozíkem, jeho rychlé složení a rozložení	K2	8	5	10
Výkon pohonu	Celkový výkon pohonů	K3	5	5	10
Energetická náročnost	Náročnost na celkový odběr elektrické energie	K4	10	8	5
Hmotnost	Celková hmotnost	K5	5	5	8
Vyměnitelnost baterií	Jednoduchost výměny baterií	K6	3	8	5

Tabulka 7 – Hodnotící kritéria

5.3 Významnost kritérií

Pro kritéria byla zvolena následující významnost. Pro váhu významnosti q byla zvolena lineární závislost. $q = 0,25 \cdot v + 1$, [2]

Kde v - je počet voleb

Porovnávané páry kritérií					Počet voleb v	pořadí	váha významnosti q
K1	K1	K1	K1	K1	2, 5	3.	1, 625
K2	K3	K4	K5	K6			
	K2	K2	K2	K2	1, 5	5.	1, 375
	K3	K4	K5	K6			
		K3	K3	K3	3, 5	2.	1, 875
		K4	K5	K6			
			K4	K4	2	4.	1, 5
			K5	K6			
				K5	4, 5	1.	2, 125
				K6	0, 5	6.	1, 125

Tabulka 8 – metoda trojúhelníků párů

5.4 Vážený index kritéria

Vážený index kritéria = počet bodů $\cdot q$

Varianta A			
Kritérium	Počet bodů	Váha významnosti q	Vážený Index kritéria
K1	3	1, 625	4, 875
K2	8	1, 375	11
K3	5	1, 875	9, 375
K4	10	1, 5	15
K5	5	2, 125	10, 625
K6	3	1, 125	3, 375
Celkový součet vážených indexů kritéria varianty A			54, 25

Tabulka 9 – Součet vážených indexů kritéria varianty A

Varianta B			
Kritérium	Počet bodů	Váha významnosti q	Vážený Index kritéria
K1	5	1, 625	8, 125
K2	5	1, 375	6, 875
K3	5	1, 875	9, 375
K4	8	1, 5	12
K5	5	2, 125	10, 625
K6	8	1, 125	9
Celkový součet vážených indexů kritéria varianty B			56

Tabulka 10 – Součet vážených indexů kritéria varianty B

Varianta C			
Kritérium	Počet bodů	Váha významnosti q	Vážený Index kritéria
K1	5	1, 625	8, 125
K2	10	1, 375	13, 75
K3	10	1, 875	18, 75
K4	5	1, 5	7, 5
K5	8	2, 125	17
K6	5	1, 125	5, 625
Celkový součet vážených indexů kritéria varianty C			70, 75

Tabulka 11 – Součet vážených indexů kritéria varianty C

5.5 Součet vážených indexů a stanovení pořadí varianty

Pořadí	Varianta	Celkový součet vážených indexů
1	C	70, 75
2	B	56
3	A	54, 25

Tabulka 12 – Pořadí jednotlivých variant

5.6 Zhodnocení kapitoly

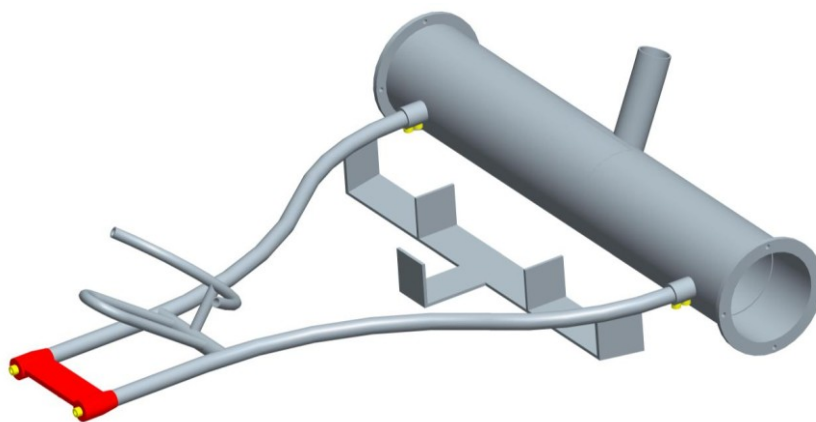
Po provedení hodnotové analýzy a zvážení všech kritérií jsem došel k závěru, že optimální varianta provedení je varianta C. Tato varianta bude dále zpracována.

6 Konstrukční řešení vybrané optimální varianty

V této kapitole je podrobněji popsána optimální varianta elektrického golfového vozíku. Jsou zde popsány jednotlivé komponenty vozíku a vysvětleny jejich funkce. Dále jsou specifikovány požadavky na řídicí jednotku.

6.1 Podvozek golfového vozíku

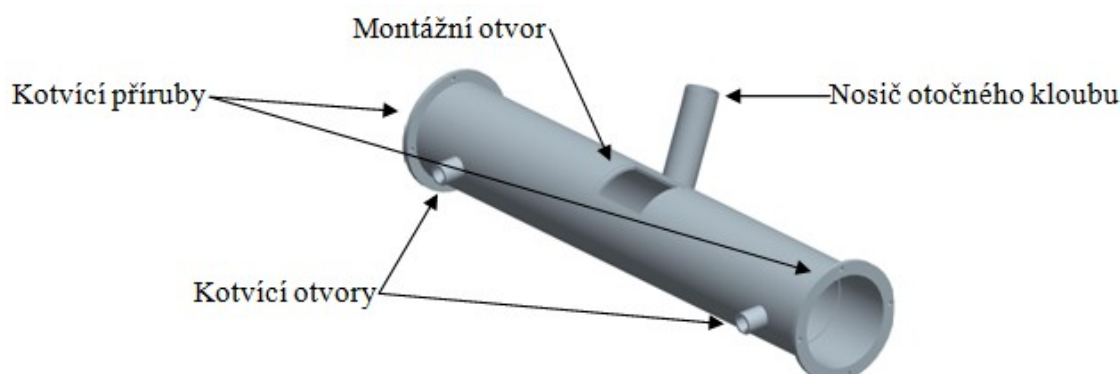
Podvozek tohoto tříkolového elektrického golfového vozíku se skládá ze základové rámové trubky. Dále pak z vidlice, která je nositelem předního kola a baterie. Vozík je tříkolový a je opatřen dvěma poháněnými koly. Vidlice je nositelem předního otočného kolečka.



Obrázek 16 – podvozek golfového vozíku

6.1.1 Základová rámová trubka

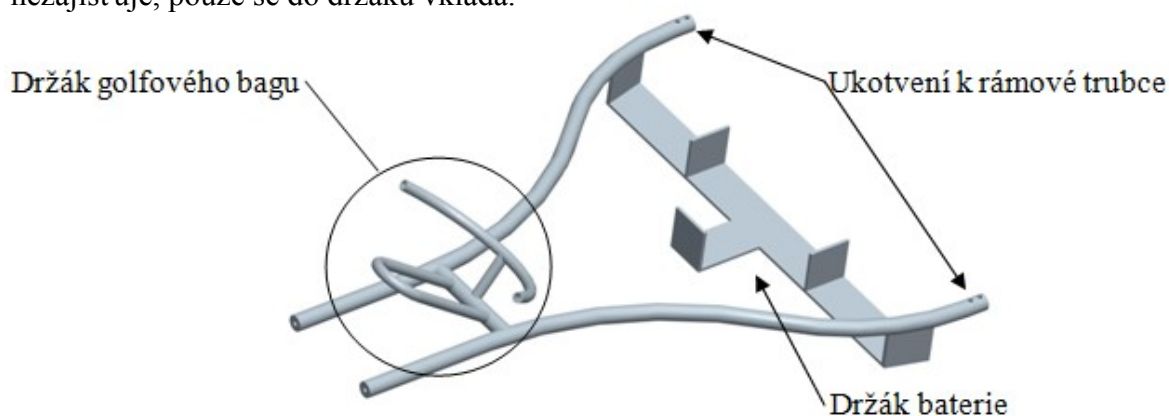
Tato základová trubka je tvořena hliníkovou trubkou o průměru 90 mm, tloušťce stěny 4 mm a délce 545 mm. Na každé straně trubky jsou přivařeny příruby, které jsou opatřené čtyřmi závity M5. Dále pak jsou k trubce přivařeny dvě kotvící trubky, do kterých se později umístí vidlice předního kola. Trubka je také opatřena nosičem, na kterém je umístěn otočný kloub a také montážním otvorem, který bude po montáži zakryt.



Obrázek 17 – Základová rámová trubka

6.1.2 Vidlice předního kola

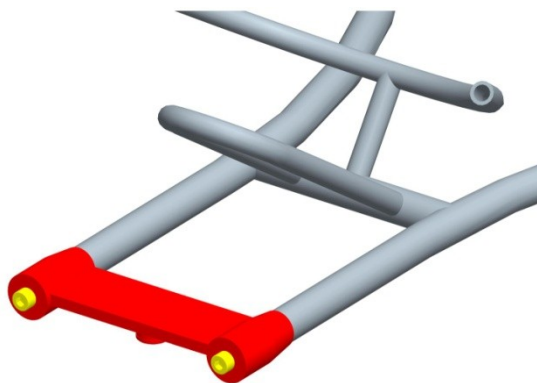
Vidlice je tvořena dvěma ohýbanými hliníkovými trubkami, které jsou k sobě přivařeny rozpěrnou tyčí. Rozpěrná tyč zároveň tvoří jednu z částí, která nese golfový bag. Na vidlici jsou vyvrtány závity M5, kterými je vidlice připojena k základové rámové trubce a je na ní takto připevněno také přední kolo. Na vidlici je také přivařena konzole, která slouží jako nosič baterie. Tato konzola může být pro každý typ baterií jiná, proto je zde možnost tuto konzolu vyrobit jako seřiditelnou. Byla by přivařena pouze spodní plochá část a na ni by byly vyfrézovány po určité délce drážky. Na tuto část by byly nasazeny L profily s otvorem se závitem. Pomocí prostrčení šroubu přes drážku do závitu na L profilu a dotažením by byla nastavitelná různá velikost vložených baterií. Baterie se nijak nezajišťuje, pouze se do držáku vkládá.



Obrázek 18 – Vidlice předního kola

6.1.3 Uchycení předního kola

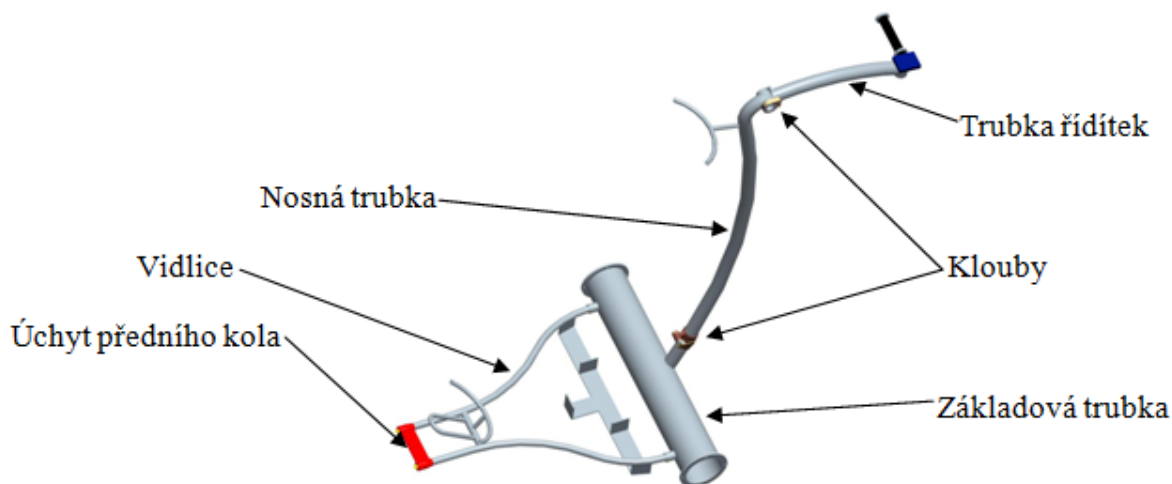
Přední kolo je potřeba před uchycením k rámu nejprve smontovat. Pro názornost je zde na rám připevněn pouze úchyt předního kola, je připevněn k vidlici pomocí dvou šroubů M5 x 10. Je to kvůli snadné demontáži předního kola z rámu vozíku. Přichycením úchytu předního kola je podvozek golfového vozíku kompletně smontován.



Obrázek 19 – Uchycení předního kola

6.2 Nosná část golfového vozíku

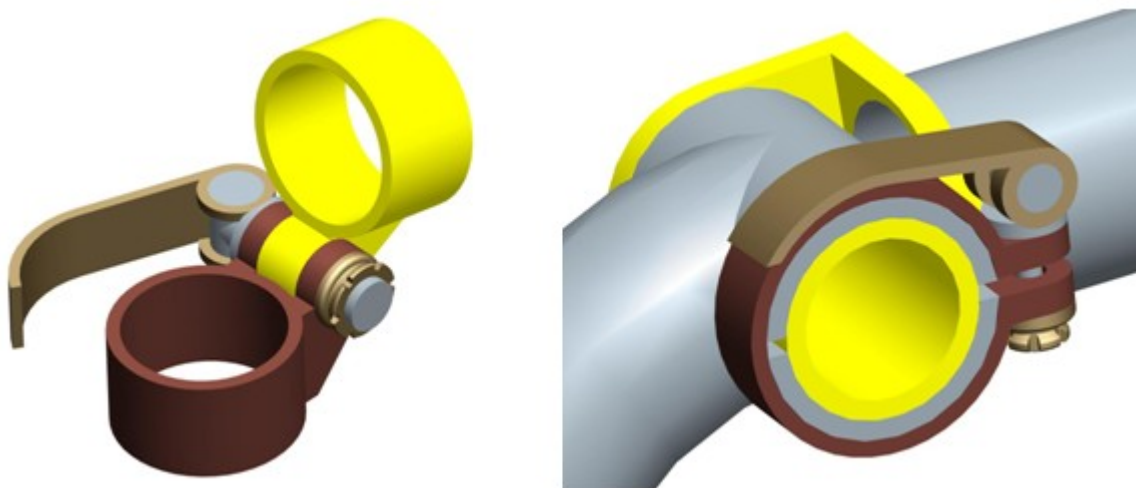
Do nosné části vozíku patří výše uvedený podvozek, opatřený koly a také nosné trubky, které jsou k základové rámové trubce připevněny pomocí kloubů.



Obrázek 20 – Nosná část golfového vozíku

6.2.1 Trubky a klouby použité u nosné části

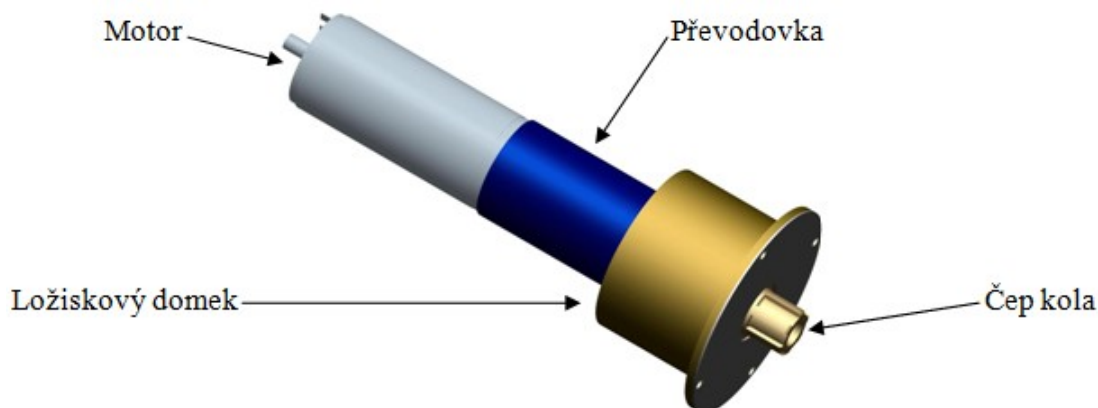
Hlavní nosnou trubku, o kterou bude prakticky opřený golfový bag, tvoří ohýbaná hliníková trubka, na které se z obou stran nacházejí klouby. Klouby umožňují snadné složení a rozložení golfového vozíku. Na nosnou trubku navazuje trubka řídítek, která je společně s nosnou trubkou součástí horního kloubu. Obě trubky mají průměr 30 mm a tloušťku stěny 2 mm. Z požadavkového listu vyvstala potřeba na snadné a rychlé složení a rozložení vozíku. Tato skladnost je zajištěna pomocí dvou kloubů, které jsou vybaveny rychloupínacími prvky. Spodní kloub umožňuje pouze dvě polohy upevnění. Při složeném stavu se nosná trubka opírá o přední kolo a rychloupínáním se zajistí. Při rozloženém stavu je nosná trubka v horní poloze, kde se opírá o trubku trčící ze základové trubky, zde se dá opět zajistit. Spodní kloub není určen k nastavení jakékoliv polohy, umožňuje pouze zajištění v krajních polohách. Oproti tomu horní kloub se dá libovolně otáčet a slouží hlavně jako nastavení výšky řídítek, dá se pomocí rychloupínacích prvků zajistit v jakékoliv poloze. Horní kloub je tvořen rozříznutým nábojem, který je přivařen k nosné trubce, do náboje je vložen čep, který je oproti tomu připevněn na trubce řídítek. Jak čep, tak náboj přesahují průměr nosných trubek a proto na ně lze upevnit rychloupínací prvky, které známe např. z nastavování výšky sedla u jízdních kol. Při složení vozíku se rychloupínání povolí, rámová trubka je přitisknuta na nosnou trubku a vše se utáhne.



Obrázek 21 – Klouby s rychloupínacími prvky použité na golfovém vozík

6.3 Pohonné ústrojí

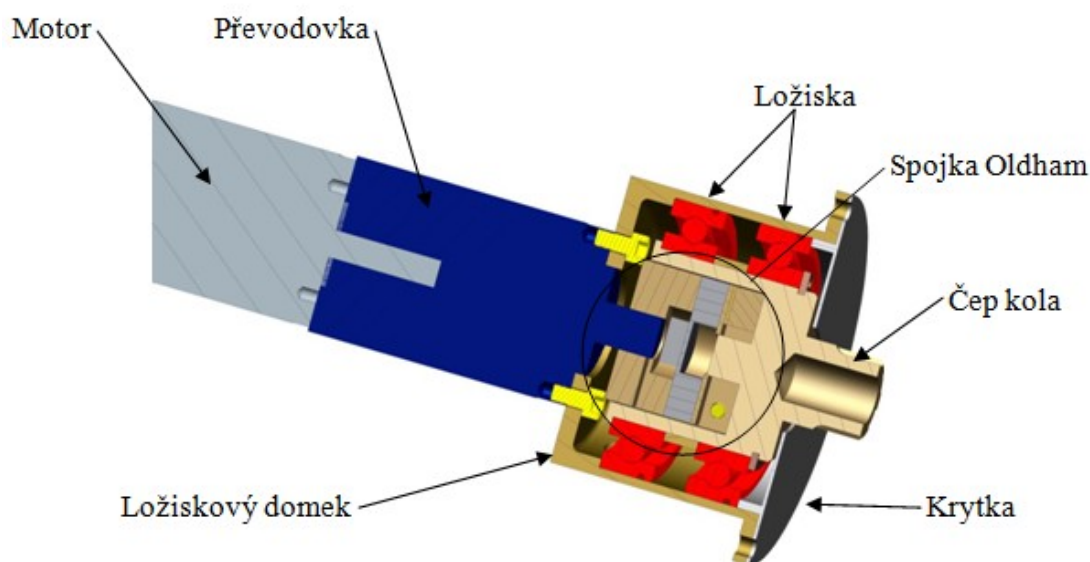
Motor s převodovkou jsou od firmy Maxon. Tento motor byl vybrán za účelem postavení prototypu, jelikož firma Maxon dodává ke svým pohonům veškerou technickou dokumentaci potřebnou k výpočtům, atd. Při případné sériové výrobě by se vzhledem k ceně motorů poptali jiní výrobci motorů, zdali dokážou dodat motor s podobnými parametry za příznivější cenu. Všechny prvky na golfovém vozíku jsou zde použity za účelem ověření provozuschopnosti. Motor s převodovkou jsou v řadě za sebou, jsou smontovány firmou Maxon už při dodání. Na převodovku navazuje spojka Oldham, která je spojena s převodovkou pomocí svěrného spoje. Hřídel převodovky je vsunuta do této spojky a zajištěna svěrným spojem. Spojka Oldham zde slouží pro přenos krouticího momentu a také eliminuje nesouosost součástí a tím předchází vibracím a poškození převodovky. Druhá část spojky je připojena svěrným spojem k čepu kola, na který se zadní kolo upíná a zároveň slouží jako nosič ložisek. Na čepu kola je drážkování, které slouží k přenosu krouticího momentu na kola. To vše je uloženo v tzv. hrnci, který je zároveň ložiskový domek. Dále je všechno zakryto a jako celek vloženo do základové trubky.



Obrázek 22 – Pohonné ústrojí

6.4 Uložení pohonného ústrojí

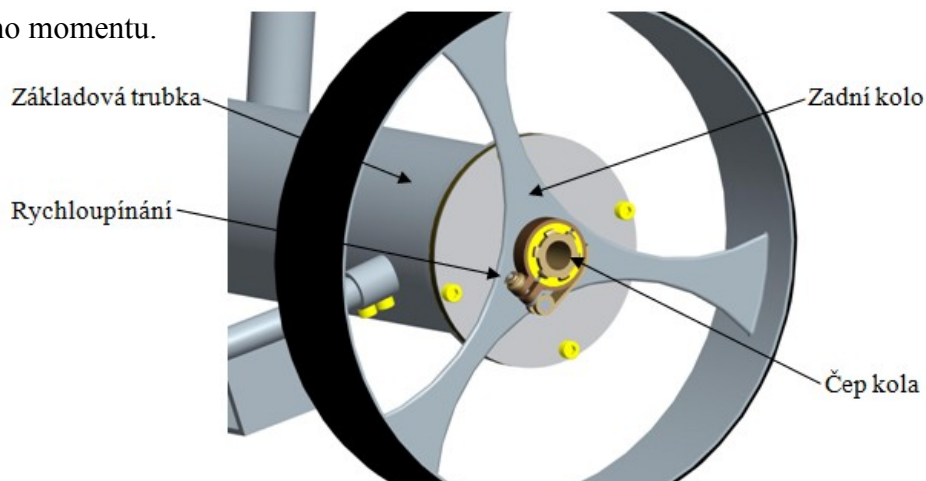
Pohonné ústrojí je smontováno předem a vloženo do základové rámové trubky, k ní je přišroubována čtyřmi imbusovými šrouby M5 x 10. Toto je provedeno z obou stran trubky stejně.



Obrázek 23 – uložení pohonného ústrojí v řezu

6.5 Upevnění zadních kol

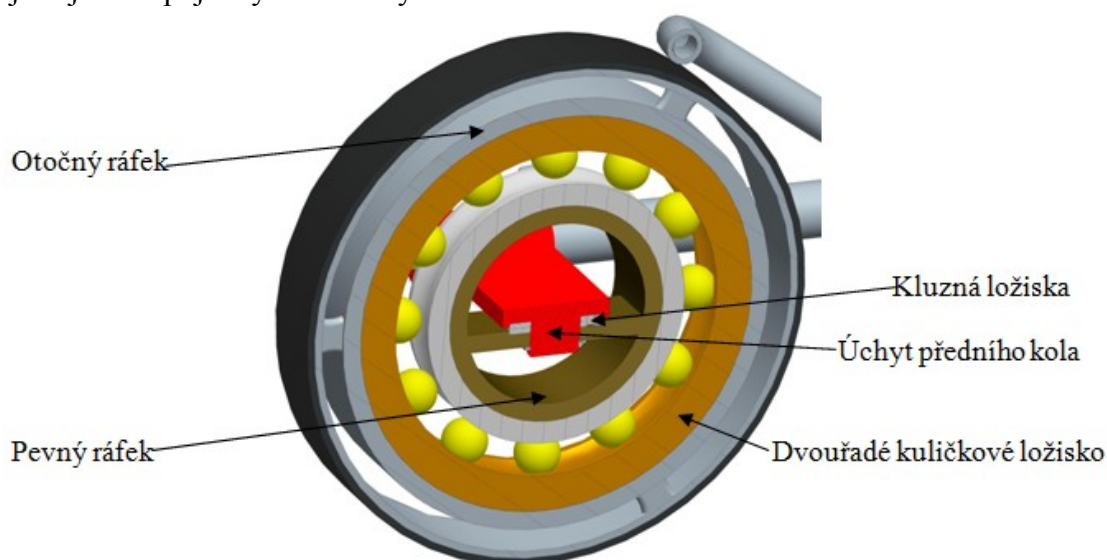
Vzhledem k tomu, že je při složeném vozíku snaha mít co nejmenší rozměry, byl vznesen požadavek na jednoduše odnímatelná velká zadní kola. Při snaze o co nejnížší hmotnost a co nejjednodušší konstrukci byly na upínání zadních kol použity rychloupínací prvky. Stejně jako u horního kloubu byl na kole použit rozříznutý náboj, na který je nasazen rychloupínací svěrný spoj. Zadní kolo je nasazeno na doraz na čep kola a poté je pomocí rychloupínacích prvků upevněno. Upevnění slouží pouze k uchycení kola a ne k přenosu krouticího momentu.



Obrázek 24 – Upevnění zadních kol

6.6 Upevnění předního kola

Přední kolo je upevněno pomocí úchytu předního kola k vidlici pomocí dvou imbusových šroubů M5 x 10. Na tomto úchytu je čep, který umožňuje nasazení pevného ráfku předního kola. Mezi úchytem a pevným ráfkem jsou umístěny kluzná ložiska pro snadné otáčení. Přední kolo se díky tomu dokáže otáčet, bohužel pouze v omezené míře a to v rozmezí 20° na každou stranu. Většímu natočení brání úchyt předního kola, který je takto zkonstruován proto, aby zabránil drhnutí kola o vidlici vozíku. I přesto je poloměr otáčení pouhých 1, 7 m. Na pevný ráfek je nasazeno dvouřadé kuličkové ložisko, na ložisko je nasazen otočný ráfek předního kola, společně s pneumatikou. Kuličkové ložisko je zajištěno pojistnými kroužky.



Obrázek 25 – Upevnění předního kola v řezu

6.7 Použitá kola a pneumatiky

Ráfek zadních kol je vyroben z velice odolného plastu, může však být vyroben i z hliníku. Přední otočný ráfek je vyroben také z plastu, zbytek předního kola, je vyroben z hliníku. Zadní kolo má průměr 250 mm a šířku 60 mm, přední kolo má průměr 140 mm šířka předního kola je 40 mm. Díky těmto rozměrům není problém jet ani v hlubší trávě a naopak šířka kol dobře rozkládá hmotnost vozíku a proto nedochází k poškození krátce střiženého trávníku na golfovém hřišti. Jak na předním tak na zadním ráfku jsou nasazeny pryžové obruče, které mohou být k ráfku přilepeny. Popřípadě mohou být na ráfek nasazeny a držet pouze třením, poté by se dalo pryžové obruče měnit. Díky tomu by mohl být na vozíku použit pokaždé jiný vzorek pneumatiky, záleželo by například na momentálním počasí atd.

6.8 Požadavky na golfový vozík

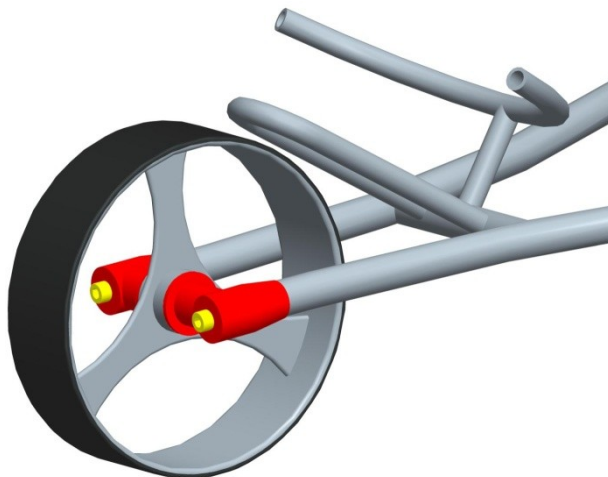
Zde jsou uvedeny některé požadavky na funkční části vozíku.

6.8.1 Požadavky na odolnost vůči vodě a nečistotám

Golfový vozík může jet po golfovém hřišti v dešti nebo hned po dešti, kde bude tráva ještě mokrá. V takovém to případě je potřeba, aby všechny funkční části vozíku byly v suchu a tudíž vodotěsné. Motor společně s převodovkou jsou uzavřeny uvnitř hliníkové trubky, tudíž zde žádné vážnější problémy nehrozí. Problém může nastat u baterie, jelikož je vystavena vnějším vlivům, toto se řeší uložením baterie do neoprenového obalu. Obal je konstruován tak, aby nepropouštěl vodu a nečistoty, všechny konektory baterie jsou tedy v suchu. Aby ložiska plnila dobře svou funkci je potřeba je mechanicky zakrýt nebo použít ložiska krytovaná. Dvouřadé kuličkové ložisko na předním kole je oboustranně krytované a tudíž je zde problém vyřešen. Ložiska použitá na zadních kolech jsou mechanicky krytá krytkou základové trubky. Je zde ovšem malá mezera, kterou může voda či prach projít, proto je krajní ložisko jednostranně krytované. Vzhledem k tomu, že ostatní části jsou ukryty uvnitř, není dále potřeba je jakkoliv zabezpečovat.

6.8.2 Požadavek na co nejnížší hmotnost

Golfový vozík by měl mít co nejnížší možnou hmotnost, aby se snížily nároky na pohonné ústrojí a na výdrž baterií. Většina součástí je vyrobena z hliníku a z odolného plastu, což jsou samy o sobě lehké materiály. Pro odlehčení vozíku je možné uvažovat o použití jiných materiálů, jako jsou třeba uhlíková vlákna nebo titan. Další možností jak ušetřit hmotnost je výměna těžkého předního kola, které se dovede natáčet za jednoduché a lehké kolo bez možnosti natáčení.



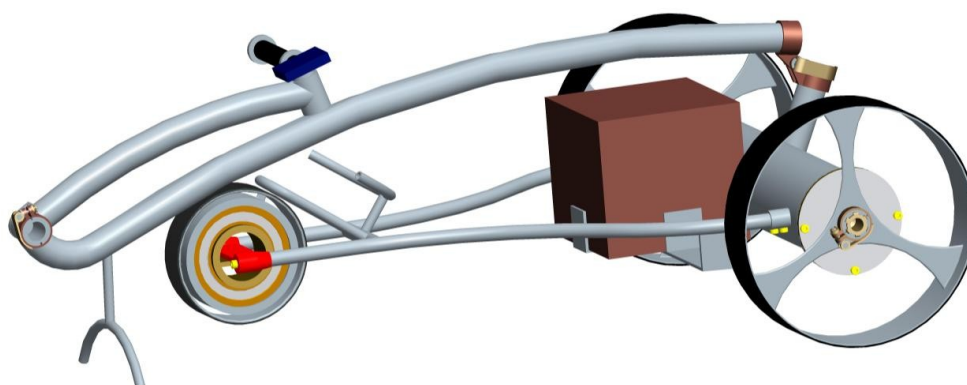
Obrázek 26 – přední kolo bez možnosti natáčení kolem svislé osy

6.8.3 Funkční požadavky na řídicí jednotku vozíku

Řídicí jednotka elektrického golfového vozíku musí být schopná regulovat všechny potřebné řídicí veličiny. Musí umět řídit otáčky motoru. Z potřeby diferenciálního řízení musí umět regulovat každý elektromotor zvlášť, tak aby vozík zatočil v požadovaném směru. Vzhledem k vysokému proudovému odběru motorů při startu musí řídicí jednotka zajistit, aby si z baterie brali pouze tolik, kolik vydrží. Musí hlídat přetížení motorů, aby při vysokém přetížení byla schopna vozík zastavit. Je potřeba hlídat stav baterie a v případě vybití baterie upozornit předem. Musí být schopna přijímat signály z dálkového ovládání.

6.8.4 Požadavek na složitelnost

V požadavkovém listu je uvedeno, že golfový vozík musí být opakovatelně a rychle složitelný a rozložitelný. Vozík je potřeba dopravit na golfové hřiště a to se většinou děje pomocí auta, proto se vozík musí po složení vlézt do kufru auta. Rozměry vozíku po složení jsou délka 930 mm šířka 612 mm a výška 320 mm. Rozměry jsou podobné jako u jiných golfových vozíků, a proto se do kufru auta vejde.



Obrázek 27 – složený golfový vozík

6.8.5 Požadavky na ovládání vozíku

Tento golfový vozík je ovladatelný pomocí tzv. říditka umístěného na horní nosné trubce (trubka řídítek). Tyto říditka jsou vlastně joystick, kterým můžeme pootočením kolem svislé osy měnit směr vozíku. Rychlost vozíku se dá měnit jako na motorce, to znamená pootočením kolem vodorovné osy. Součástí joysticku je také displej, který ukazuje rychlost, vzdálenost, stav baterie, atd. Tento vozík se dá ovládat také pomocí dálkového ovladače, ten je tvořen několika tlačítky, pomocí kterých se řídicí jednotce zadávají příkazy.

6.9 Elektrický golfový vozík

Zde je celkový pohled na elektrický golfový vozík s golfovým bagem na uložení a vození holí. Jedná se o tzv. cart bag nebo také trolley bag, který je uzpůsobený pro jízdu na golfovém vozíku. Tento golfový vozík může být dále doplněn o mnoho užitečných věcí, jako jsou držák na scorekarty, což je vlastně deska, na kterou se dá scorekarta připnout. Tento držák je možné vidět na horní trubce. Další modifikací tohoto drážkuje držák na připojení elektronické scorekarty, což může být např. tablet nebo chytrý mobilní telefon. Mezi některé další volitelné prvky patří držák na deštník, který se hodí při nenadálé přehánce, která může hráče potkat uprostřed hry.



Obrázek 28 – celkový pohled na vozík s golfovým bagem

7 Výpočet a kontrola hlavních částí golfového vozíku

V této kapitole je provedeno dimenzování pohonů golfového vozíku, kde se vypočte rozložení hmotnosti na jednotlivá kola, a vypočtou se jízdní parametry na hnacích kolech. Z těchto parametrů je navržen motor a potřebná převodovka. Dále je navrženo napájení golfového vozíku a zkontrolovány další konstrukční prvky vozíku.

7.1 Rozložení sil a hmotností

Při výpočtu rozložení hmotnosti na jednotlivá kola golfového vozíku postupujeme podle základů statiky.

7.1.1 Poloha těžiště a určení hmotnosti

Pro zjištění reakcí a zjištění rozložení hmotnosti, je nejprve potřeba znát celkovou hmotnost a polohu těžiště. Polohu těžiště i celkovou hmotnost zjistíme z programu Pro/ENGINEER.

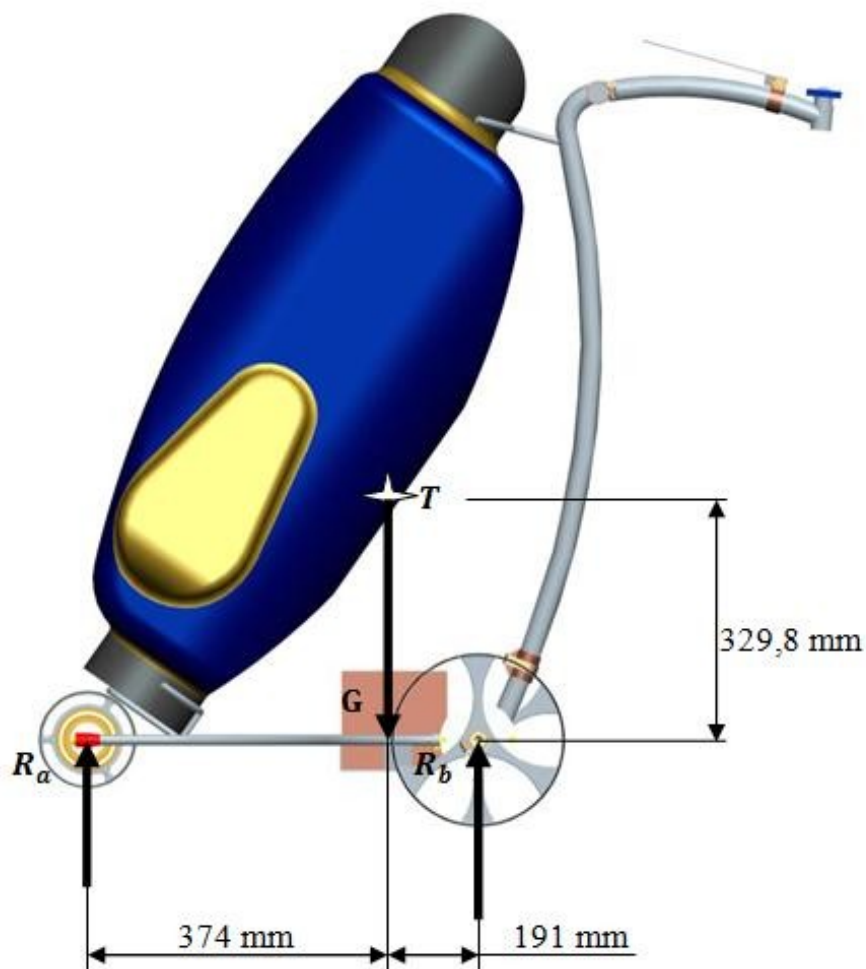
```
VOLUME = 8.4218117e+07 MM^3  
SURFACE AREA = 3.8072091e+06 MM^2  
AVERAGE DENSITY = 5.2824059e-10 TONNE / MM^3  
MASS = 4.4487428e-02 TONNE  
  
CENTER OF GRAVITY with respect to _GOLFVOZY_VOZIK coordinate frame:  
X Y Z -5.4039381e-02 3.2988169e+02 1.9122458e+02 MM
```

Obrázek 29 – Poloha těžiště a hmotnost golfového vozíku

$m = 44,487 \text{ kg}$

po zaokrouhlení $m = 45 \text{ kg}$

7.1.2 Výpočet sil, reakcí a momentů působících na golfový vozík



Obrázek 30 – Síly působící na golfový vozík

Rovnováhu sil a momentů působících na golfový vozík lze vyjádřit takto:

$$\sum F_x = 0 \quad (1)$$

$$\sum F_y = 0 \quad (2)$$

$$\sum M = 0 \quad (3)$$

K zjištění síly je potřeba znát:

$g = 9,81$ – gravitační zrychlení

$m = 45$ kg - celková hmotnost vozíku s baterií a příslušenstvím

$$G = g \cdot m = 9,81 \cdot 45 \quad (4)$$

$$G = 441,45 \text{ N}$$

Rovnice lze dále rozepsat:

$\sum F_x = 0$ – v ose x nepůsobí žádné síly

$$\sum F_y = 0 \text{ – v ose y působí tyto síly } R_a - G + R_b = 0 \quad (5)$$

$$\sum M = 0 \text{ – na vozík působí tyto momenty: } R_a \cdot (374 + 191) - G \cdot 191 = 0 \quad (6)$$

kde G – je celková tíha golfového vozíku

R_a – je reakce na předním kole

R_b – je reakce na zadních kolech

Z (6) lze vyjádřit:

$$R_a = \frac{G \cdot 191}{(374 + 191)} = \frac{(g \cdot m) \cdot 191}{(374 + 191)}$$

$$\underline{\underline{R_a = 149,23 \text{ N}}}$$

Z (5) lze vyjádřit:

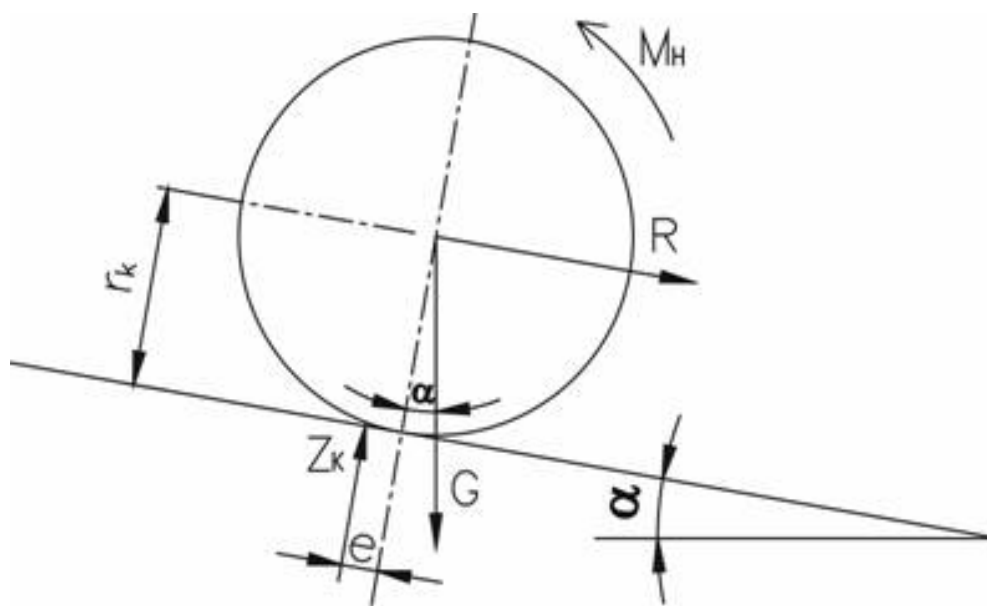
$$R_b = G - R_a = 441,45 - 149,23$$

$$\underline{\underline{R_b = 292,22 \text{ N}}}$$

7.2 Návrh pohonů golfového vozíku

Při dimenzování pohonů pro kolový podvozek vycházíme z metodiky návrhu pohonů motorových vozidel. V této kapitole jsou odvozeny parametry potřebné k volbě pohonů.

Z Obrázek 31 lze odvodit obecnou pohybovou rovnici přímočarého pohybu vyjadřující síly a momenty působící na poháněné kolo. [3]



Obrázek 31 – Síly a momenty na poháněném kole

Pro podmínku rovnováhy momentů působících na poháněném kole platí:

$$\sum M = 0 \quad (3)$$

tuto rovnici můžeme rozepsat:

$$\sum M_H = Z_K \cdot e + R \cdot r_k \quad (7)$$

- kde M_H - je hnací moment působící na jedno kolo,
 Z_K - je radiální reakce podlahy,
 e - je excentricita radiální reakce terénu Z_K
 R - je součet všech jízdních odporů působících proti směru jízdy s výjimkou valivého odporu zahrnutého v členu $Z_K \cdot e$,
 r_k - je valivý poloměr kola.

Hnací moment převedeme na hnací sílu:

$$F_K = \frac{M_H}{r_K} \quad (8)$$

kde F_K - je hnací síla

7.2.1 Jízdní odpory

Jízdní odpory představují síly, které působí proti pohybu golfového vozíku. Proto výsledná síla musí překonat součet všech jízdních odporů, působících na vozík.

Hnací síla musí překonávat tyto jízdní odpory:

$$F_K = O_f + O_v + O_s + O_z \quad (9)$$

kde O_f - je valivý odpor,

O_v - je vzdušný odpor,

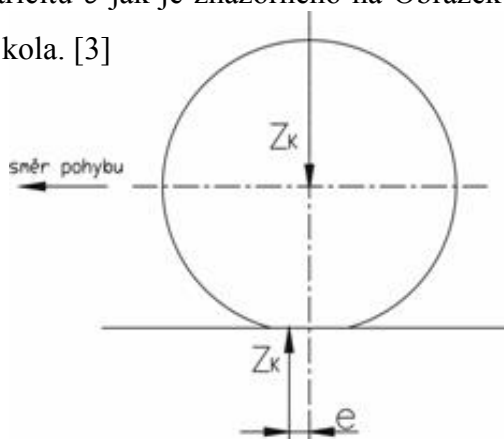
O_s - je odpor stoupání,

O_z - je odpor zrychlení.

Odpor valivý a vzdušný působí vždy proti pohybu vozíku. Při zrychlování musí vozík překonávat odpor zrychlení a při jízdě do svahu odpor stoupání. [3]

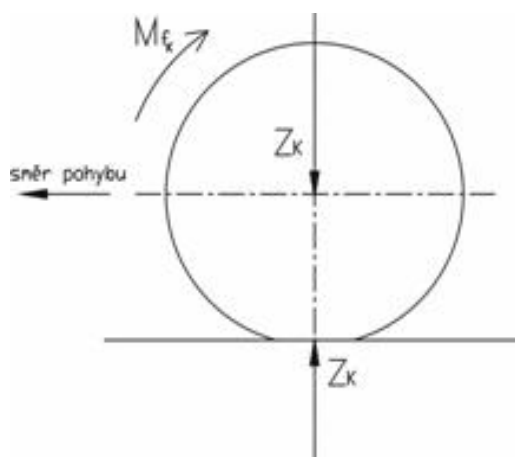
7.2.1.1 Valivý odpor

Tento odpor vzniká při deformaci pryžové obruče kola nebo pneumatiky a při deformaci terénu. Je-li povrch dostatečně tuhý, pak dochází pouze k deformaci pryžové obruče kola, popřípadě pneumatiky. Radiální reakce terénu Z_K je předsunuta před osu kolmou k terénu o excentricitu e jak je znázorněno na Obrázek 32. Platí, že reakce Z_K je stejně velká jako zatížení kola. [3]

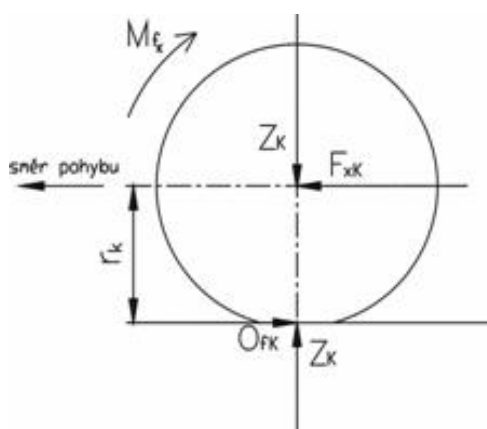


Obrázek 32 – znázornění radiální reakce Z_K

Z Obrázek 32 je zřejmé, že vzniká moment M_{f_K} , který působí proti otáčení kola. Podle Obrázek 33 tak lze posunout reakci Z_K do svislé osy kola. [3]

Obrázek 33 – zavedení momentu M_{f_K}

Z Obrázek 34 vyplývá, že moment M_{f_K} vyvolá vodorovnou reakci O_{f_K} , která působí proti směru pohybu kola. K udržení rovnováhy sil musí ve středu kola působit vodorovná síla F_{xK} . Zde platí rovnost $F_{xK} = O_{f_K}$ (10). Tímto vzniká silová dvojice viditelná na Obrázek 34. Síla O_{f_K} znázorňuje valivý odpor. [3]

Obrázek 34 - Zavedení valivého odporu kola O_{f_K}

Z Obrázek 34 vyplývá, že

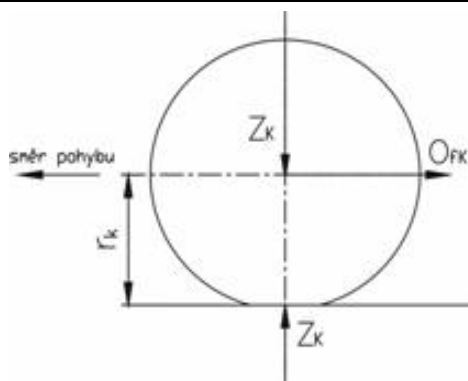
$$M_{f_K} = O_{f_K} * r_k = Z_K * e \quad (11)$$

Z Obrázek 34 pak lze také vyjádřit rovnici valivého odporu kola vztahem

$$O_{f_K} = Z_K * \frac{e}{r_k} = Z_K * f_k \quad (12)$$

kde f_k - je součinitel valivého odporu kola

Valivý odpor lze také vyjádřit z Obrázek 35



Obrázek 35 – Účinek valivého odporu kola

Součinitel valivých odporů závisí převážně na površích, mezi kterými se toto valení děje. V tomto případě uvažujeme součinitel valivého tření 0,10. Golfový vozík se bude pohybovat po krátce stríženém trávníku s dostatečně tuhým podkladem.

Povrch	f_k	Povrch	f_k
Dlažba	0,02 - 0,03	Travnatý terén	0,08 - 0,15
Beton	0,015 - 0,025	Písčitý terén	0,15 - 0,30
Asfalt	0,01 - 0,02	Zasněžený terén	0,20 - 0,30
Polní cesta suchá	0,04 - 0,15	Bahnitá půda	0,20 - 0,40
Polní cesta mokrá	0,08 - 0,20	Náledí	0,01 - 0,025

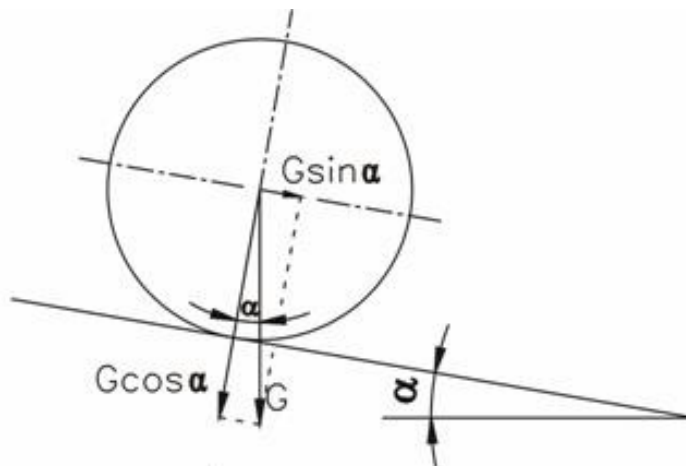
Tabulka 13 – Součinitelé valivého odporu pro různé povrchy

7.2.1.2 Vzdušný odpor

Při jízdě např. auta po vozovce proudí vzduch okolo karoserie automobilu a část vzduchu se protlačuje také mezi spodní plochou podvozku a terénem. Vzhledem k relativně malé velikosti, styčné plochy vozíku s bagem a k rychlosti pohybu do 8 km/h lze vzdušný odpor u golfových vozíků zanedbat. [3]

7.2.1.3 Odpor stoupání

Odpor stoupání je stanoven složkou tíhové síly působící na kola golfového vozíku ve směru rovnoběžném s rovinou nakloněnou o úhel α jak naznačuje Obrázek 36. [3]



Obrázek 36 – Stanovení odporu stoupání

Lze tedy napsat, že:

$$O_s = G \cdot \sin \alpha \quad (13)$$

kde G - je celková tíha golfového vozíku

α - je úhel sklonu

7.2.1.4 Odpor zrychlení

V momentě rozjezdu nebo zrychlování golfového vozíku začíná proti směru zrychlení působit setrvačná síla nazývána odpor zrychlení. Tento odpor zrychlení je určen vztahem: [3]

$$O_z = \left(m + \sum_i \frac{J_{Ki}}{r_{di} r_{ki}} \right) a = O_{z_p} + O_{z_r} \quad (14)$$

který je složen z odporu zrychlení posuvné části o hmotnosti m :

$$O_{z_p} = m \cdot a \quad (15)$$

a z odporu zrychlení rotujících částí:

$$O_{z_r} = \sum_i \frac{J_{Ki}}{r_{di} r_{ki}} \cdot a \quad (16)$$

Jelikož odpor způsobený setrvačností rotujících hmot, představovaný např. hřídelí, převodovkou, pojezdovými koly, rotorem motoru, je často obtížné zjistit nebo přesně určit, výpočet se zjednodušuje zavedením bezrozměrného součinitele rotačních odporů ϑ v tomto případě $\vartheta = 1,3$. Pak lze odpor zrychlení vyjádřit vztahem. [4]

$$O_Z = \vartheta \cdot m \cdot a \quad (17)$$

kde ϑ - je součinitel vlivu rotačních částí zohledňujících odpor rotujících součástí pohonu

7.2.2 Potřebná hnací síla

Při pohybu golfového vozíku je potřeba překonat všechny jízdní odpory, které při jízdě působí. Dosazením vztahů (12), (13), (17) do vztahu (18) dostaneme vztah pro potřebnou celkovou hnací sílu, kterou potřebujeme pro návrh pohonu golfového vozíku. [3]

$$F_K = n \cdot Z_K \cdot f_k + G \cdot \sin \alpha + \vartheta \cdot m \cdot a \quad (18)$$

kde n - je počet poháněných kol

Při předpokladu, že je reakce Z_K stejně velká jako zatížení kola, pak v případě tří kolového podvozku je potřeba znát rozložení hmotnosti pro jednotlivá hnaná kola na nakloněné rovině s úhlem sklonu α . Pak platí vztah. [3]

$$Z_K = \frac{m \cdot g \cdot \cos \alpha}{n} \quad (19)$$

kde m - je hmotnost golfového vozíku,

g - je tíhové zrychlení,

n - je počet kol,

α - je úhel sklonu terénu.

7.2.3 Potřebná hnací síla na jedno kolo

Golfový vozík je vybaven 3 koly, z toho 2 poháněnými. Každé poháněné kolo bude vybaveno vlastním stejnosměrným motorem. Výše bylo vypočteno rozložení hmotnosti mezi přední a zadní kola. Proto musíme zatížení na zadních kolech rovnoměrně rozdělit mezi tyto hnací kola. V tomto případě se $R_b = G$. Pomocí vztahu (18), (19) můžeme sílu na jedno kolo zapsat pomocí vztahu:

$$F_{K_j} = \frac{1}{2} (R_b \cdot f_k \cdot \cos \alpha + R_b \cdot \sin \alpha + \vartheta \cdot m \cdot a) \quad (20)$$

7.2.4 Zrychlení golfového vozíku

Pro výpočet síly potřebné na hnacím kole je potřeba znát zrychlení golfového vozíku. Vozík může zrychlovat buď na rovině, nebo na rovině nakloněné. V případě nakloněné roviny uvažujeme rozjezd do kopce v důsledku horšího průběhu zrychlování.

7.2.4.1 Zrychlení na rovině

Při zrychlování golfového vozíku po rovině musí tento vozík zrychlit na maximální rychlost 8 km/h za dobu 3 sekund.

$$a_{vmax} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(0-8)/3,6}{(0-2)} = \underline{\underline{1,11 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}}} \quad (21)$$

kde a_{vmax} - je maximální zrychlení vozíku

Δv - je změna rychlosti

Δt - je změna času

7.2.4.2 Zrychlení do kopce

Při rozjezdu golfového vozíku do kopce musí vozík zrychlit na rychlost 5 km/h za dobu 3 sekund. Počítáno dle vzorce (21).

$$a_{vmax} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(0-8)/3,6}{(0-2)} = \underline{\underline{1,11 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}}} \quad (21)$$

7.2.5 Výpočet parametrů na hnacím kole

Pro návrh motoru je potřeba vypočítat parametry potřebné na hnané kolo. Pro návrh je potřeba počítat s nejméně příznivými podmínkami. Výpočet je proveden pro 4 situace.

7.2.5.1 Rozjezd na rovině

Zadané hodnoty:

$$\begin{aligned} m &= 45 \text{ kg} & a_{vmax} &= 1,11 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \\ g &= 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} & v_{max} &= 2,22 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \\ f_k &= 0,1 & \vartheta &= 1,5 \\ \alpha &= 0^\circ & r_K &= 0,125 \text{ m} \end{aligned}$$

Potřebná hnací síla:

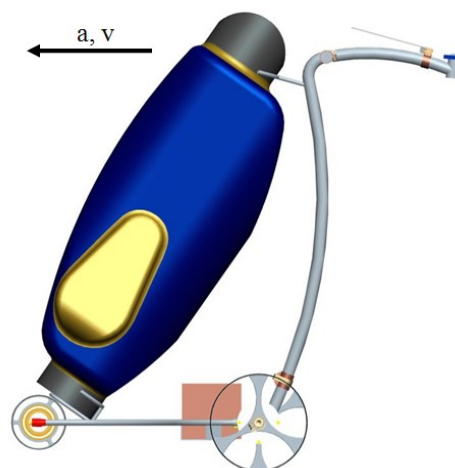
Do rovnice (20) dosadíme zadané hodnoty, napsány výše. Po dosazení vyjde potřebná hnací síla.

$$\underline{\underline{F_{Kj} = 52,1 \text{ N}}}$$

Krouticí moment hnacího kola:

$$M_{Kj} = F_{Kj} \cdot r_K \quad (22)$$

$$\underline{\underline{M_{Kj} = 6,5 \text{ N} \cdot \text{m}}}$$



Otáčky potřebné na hnacím kole:

$$n_{K_j} = \frac{60 \cdot v_{max}}{2 \cdot \pi \cdot r_K} \quad (23)$$

$$\underline{\underline{n_{K_j} = 169,6 \text{ min}^{-1}}}$$

7.2.5.2 Jízda po rovině**Zadané hodnoty:**

$$\begin{aligned} m &= 45 \text{ kg} & a_{vmax} &= 0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \\ g &= 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} & v_{max} &= 2,22 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \\ f_k &= 0,1 & \vartheta &= 1,5 \\ \alpha &= 0^\circ & r_K &= 0,125 \text{ m} \end{aligned}$$

Potřebná hnací síla:

Dosazením do (20) vyjde.

$$\underline{\underline{F_{K_j} = 14,6 \text{ N}}}$$

Krouticí moment hnacího kola:

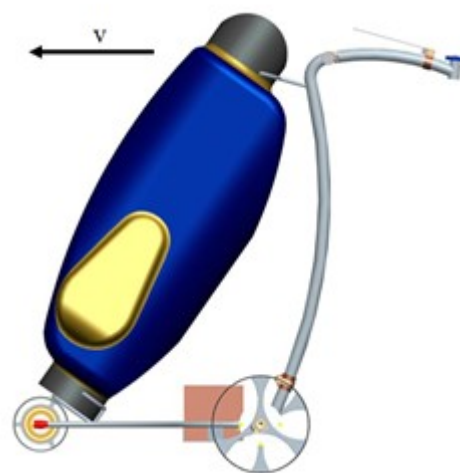
Dosazením do (22) vyjde.

$$\underline{\underline{M_{K_j} = 1,9 \text{ N} \cdot \text{m}}}$$

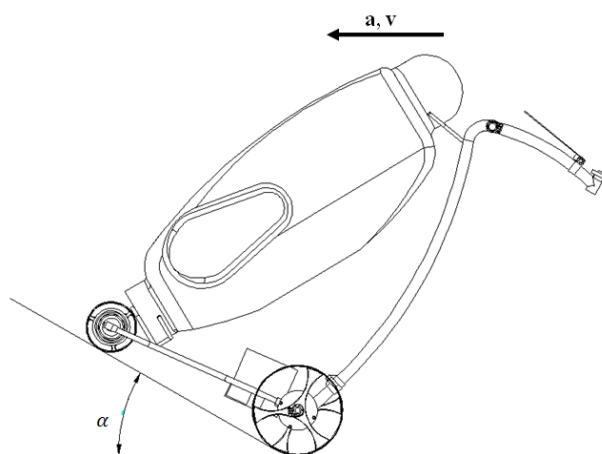
Otáčky potřebné na hnacím kole:

Dosazením do (23) vyjde.

$$\underline{\underline{n_{K_j} = 169,6 \text{ min}^{-1}}}$$

**7.2.5.3 Rozjezd do svahu****Zadané hodnoty:**

$$\begin{aligned} m &= 45 \text{ kg} & a_{vmax} &= 1,11 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \\ g &= 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} & v_{max} &= 2,22 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \\ f_k &= 0,1 & \vartheta &= 1,5 \\ \alpha &= 30^\circ & r_K &= 0,125 \text{ m} \end{aligned}$$



Vzhledem k jízdě na nakloněné rovině a v důsledku posunutí těžiště směrem k zadní nápravě se počítá s tím, že veškerá tíha působí na zadní nápravě. Tímto docílíme velmi nepříznivých podmínek, na které je potřeba později motor dimenzovat. Zatížení na zadní nápravě proto činní celých 45 kg, to je 441,45 N. To je poté potřeba dosadit do vzorce (20).

Potřebná hnací síla:

Dosazením do (20) vyjde.

$$\underline{\underline{F_{K_j} = 167 \text{ N}}}$$

Krouticí moment hnacího kola:

Dosazením do (22) vyjde.

$$\underline{\underline{M_{K_j} = 20,9 \text{ N} \cdot \text{m}}}$$

Otáčky potřebné na hnacím kole:

Dosazením do (23) vyjde.

$$\underline{\underline{n_{K_j} = 169,6 \text{ min}^{-1}}}$$

7.2.5.4 Jízda ve svahu

Zadané hodnoty:

$$\begin{array}{ll} m = 45 \text{ kg} & a_{vmax} = 0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \\ g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} & v_{max} = 2,22 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \\ f_k = 0,1 & \vartheta = 1,5 \\ \alpha = 30^\circ & r_K = 0,125 \text{ m} \end{array}$$

Potřebná hnací síla:

Dosazením do (20) vyjde.

$$\underline{\underline{F_{K_j} = 129,5 \text{ N}}}$$

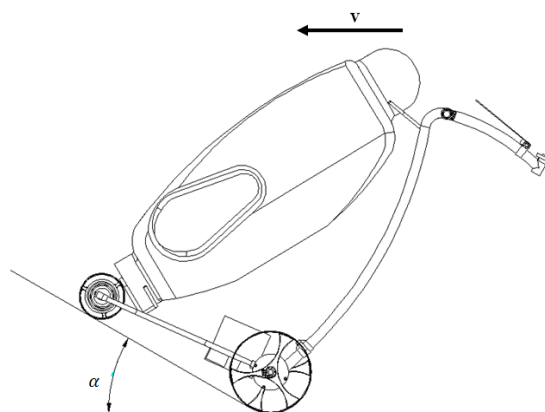
Krouticí moment hnacího kola:

Dosazením do (22) vyjde.

$$\underline{\underline{M_{K_j} = 16,2 \text{ N} \cdot \text{m}}}$$

Otáčky potřebné na hnacím kole:

$$\underline{\underline{n_{K_j} = 169,6 \text{ min}^{-1}}}$$



stav	potřebná hnací síla $F_{K_j} [N]$	kroucí moment hnacího kola $M_{K_j} [N \cdot m]$	otáčky hnacího kola $n_{K_j} [min^{-1}]$
rozjezd na rovině	52.1	6.5	169.6
jízda po rovině	14.6	1.9	169.6
rozjezd do svahu	167	20.9	169.6
jízda do svahu	129.5	16.2	169.6

Tabulka 14 – přehled parametrů při různých situacích jízdy

V Tabulka 14 je přehled parametrů, které jsou potřebné k dimenzování motoru. Z těchto parametrů vyplývá, že nejhorší situace může nastat při rozjíždění se do kopce s maximálním sklonem 30° . Proto je potřeba dimenzovat motor právě na tyto parametry. Motor musí při rozjezdu do kopce vyvinout společně s převodovkou sílu na jednom kole 167 N a kroucí moment 20,9 $N \cdot m$. To vše po celou dobu rozjezdu, až do ustálení rychlosti na 8 km/h. Poté už je potřeba pouze síla 129,5 N a kroucí moment 16,2 $N \cdot m$.

7.2.6 Volba motoru

Z předešlých odstavců vyplývá, že motor musí mít určité charakteristiky a musí splňovat mnoho kritérií, které byly v předešlém oddíle vypočteny. Proto byl z online katalogu firmy MAXONMOTOR vybrán stejnosměrný DC motor RE 50 Ø50 mm, Graphite Brushes, 200 Watt, s objednacím číslem 370354. [15]

Délka	108 mm
Průměr	50 mm
Hmotnost	1 100 g
Jmenovitý výkon	200 W
Napájecí napětí	24 V
Jmenovitý moment M_m	0,405 Nm
Maximální moment	8,920 Nm
Jmenovité otáčky	5950 min^{-1}
Jmenovitý proud	9,15 A
Startovací proud	212 A

Tabulka 15 – Parametry DC motoru MAXON RE 50



Obrázek 37 – DC motor MAXON RE 50

7.2.7 Výpočet převodového poměru a volba převodovky

Před zvolením vhodného druhu převodovky je potřeba znát parametry, které vstupují do převodovky. Vstupní parametry, jsou ty, které vystupují ze zvoleného motoru. Dále je nutno znát parametry, které mají z převodovky vystupovat. Tyto parametry jsou vypočteny v předchozích kapitolách.

7.2.7.1 Výpočet převodového poměru

Základní charakteristikou převodovky je její převodový poměr. Pro výpočet potřebného převodového poměru je potřeba znát otáčky vstupující do převodovky a otáčky potřebné na hnaném kole. Dále je pak nutné zkontrolovat, zda převodovka vydrží maximální moment, který na ní může působit. Převodový poměr je počítán pro rychlost, která bude rovna průměrné rychlosti, mezi rychlostí chůze 5 km/h a maximální rychlostí, která je rovna 8 km/h. Tato rychlost je poté rovna 6,5 km/h. Otáčky jsou poté vypočteny podle rovnice (23).

$$\underline{\underline{n_{prům} = 137,9 \text{ min}^{-1}}}$$

Převodový poměr:

$$i_p = \frac{n_M}{n_{prům}} = \frac{5950}{137,9} = 43,1 \quad (24)$$

kde i_p - je potřebný převodový poměr

n_M - jsou jmenovité otáčky motoru

$n_{prům}$ - jsou průměrné otáčky

7.2.7.2 Volba převodovky

V důsledku výběru motoru od firmy MAXON byla k tomuto motoru z důvodu kompatibility vybrána převodovka téhož výrobce. Byla vybrána z online katalogu firmy MAXONMOTOR. Je jí planetová převodovka GP 52 C Ø52 mm, 30 Nm, Ceramic version, s objednacím číslem 223089. [16]

Délka	78,5 mm
Průměr	52 mm
Hmotnost	0,770 kg
Převodový poměr převodovky i	43
Maximální průběžný moment	30 Nm
Maximální krátkodobý moment	45 Nm
Účinnost převodovky η_P	75%

Tabulka 16 – Parametry planetové převodovky MAXON GP 52 C



Obrázek 38 – příklad planetové převodovky MAXON

7.2.8 Kontrola parametrů potřebných na hnacím kole

Motor společně s převodovkou musí zajistit na hnacím kole parametry potřebné k jízdě. Je potřeba zajistit, aby skutečné parametry na hnacím kole byly větší nebo rovny parametrům vypočteným. Není potřeba kontrolovat všechny stavy, které mohou nastat, mezi něž patří rozjezd a jízda po rovině nebo rozjezd a jízda do kopce. Z tohoto důvodu je důležité zkontrolovat pouze nejhorší možné situace, které mohou při jízdě golfového vozíku nastat. Těmito situacemi jsou rozjezd do svahu z klidové polohy a ustálená jízda do tohoto svahu.

7.2.8.1 Kontrola rozjezdu do svahu

Při rozjezdu z klidové polohy do svahu o sklonu 30° byla podle vzorce (20) vypočtena potřebná hnací síla $F_{K_j} = 167 \text{ N}$. Podle vzorce (22) byl vypočten potřebný krouticí moment na hnacím kole $M_{K_j} = 20,9 \text{ N} \cdot \text{m}$. U motoru MAXON má jmenovitý moment hodnotu $M_m = 0,405 \text{ N} \cdot \text{m}$. Podle vzorce (25) vypočteme skutečný krouticí moment působící na hnaném kole.

$$M_{sk} = M_m \cdot i \cdot \eta_P \quad (25)$$

$$M_{sk} = 0,405 \cdot 43 \cdot 0,75 = \underline{\underline{13,06 \text{ N} \cdot \text{m}}}$$

Požadovaného momentu, kterého je potřeba dosáhnout pro rozjezd do svahu o sklonu 30° $M_{K_j} = 20,9 \text{ N} \cdot \text{m}$ nebylo dosaženo. Motor je schopen dosáhnout trvalého krouticího momentu $0,405 \text{ Nm}$ a skrze převodovku s účinností 75% je na hnacím kole dosaženo maximálního momentu $13,06 \text{ Nm}$.

7.2.8.2 Kontrola jízdy ve svahu

Pro ustálenou jízdu ve svahu o sklonu 30° byl podle vzorce (22) vypočten potřebný krouticí moment $M_{K_j} = 16,2 \text{ N} \cdot \text{m}$. Dle vzorce (25) vyplývá, že motor s převodovkou je schopen vyvinout maximální krouticí moment $13,06 \text{ Nm}$. To znamená, že v obou případech nebylo dosaženo požadovaného krouticího momentu.

7.2.8.3 Řešení situace jízdy do svahu

Při jízdě do svahu o sklonu 30° není dosaženo potřebných krouticích momentů, které dokáže motor vyvinout při svém jmenovitém momentu. Aby byly splněny požadavky, které vyplývají z požadavkového listu a to je možnost jízdy do svahu o sklonu 30° . Je možnost vyměnit motor za jiný s vyšším jmenovitým momentem nebo stávající motor při jízdě to toho svahu přetížit. Úpravou vztahu (25) a dosazením do něj hodnoty krouticího momentu potřebného k rozjezdu do kopce $M_{K_j} = 20,9 \text{ N} \cdot \text{m}$

$$M_{msk} = \frac{M_{K_j}}{i \cdot \eta_p} = \frac{20,9}{43 \cdot 0,75} = \underline{\underline{0,648 \text{ N} \cdot \text{m}}} \quad (26)$$

Stejným způsobem postupujeme i při ustálené jízdě do kopce a dosazením do vzorce (26) vyjde skutečný moment, který musí moment vyvinout.

Dosazením do (26) vyjde:

$$\underline{\underline{M_m = 0,502 \text{ N} \cdot \text{m}}}$$

7.2.8.4 Výpočet přetížení motorů

Při tomto výpočtu bude zjištěno, o kolik procent budou motory při jízdě do svahu o sklonu 30° přetíženy. Jednoduchou trojčlenkou bylo zjištěno, o kolik je motor při rozjezdu do kopce přetěžován.

$$\text{Přetížení} = \frac{M_{msk} \cdot 100}{M_m} = \frac{0,648 \cdot 100}{0,405} - 100 = 60 \% \quad (27)$$

Motor je po dobu rozjezdu přetížen o 60% . Je potřeba vypočítat také přetížení při ustálené jízdě do svahu.

Dosazením do (27) vyjde:

Přetížení = 24 %

Motor je při rozjezdu do svahu přetěžován o 60 %, ale při ustálené jízdě je přetěžován už pouze o 24 %. Vzhledem k tomu, že rozjíždění bude trvat pouze po dobu maximálně dvou sekund, je přetížení o 60 % možné. Při ustálené jízdě bude motor přetěžován o 24 %, ovšem stoupání se sklonem 30° je poměrně strmé a na golfových hřištích se příliš často nevyskytuje. Přetížení motoru je možné po krátkou dobu až momentem o velikosti 8,920 N, což ani v jednom případě není překročeno. Převodovka je konstruována na maximální moment 30 Nm, což je více než maximální moment, který na ni bude působit. Převodovka tedy vyhovuje.

Golfová hřiště jsou mnohem častěji rovinná, a pokud jsou na nich stoupání, nejedná se o stoupání nikterak výrazné. Hodnota stoupání bývá většinou do 20°, proto zkontrolujeme jakých hodnot, či přetížení motor dosahuje.

7.2.8.5 Jízda do svahu o sklonu 20°

Potřebná hnací síla:

Dosazením do (20) vyjde.

$$\underline{\underline{F_{K_j} = 96,2 \text{ N}}}$$

Krouticí moment hnacího kola:

Dosazením do (22) vyjde.

$$\underline{\underline{M_{K_j} = 12,03 \text{ N} \cdot \text{m}}}$$

Při jízdě do svahu se sklonem 20° je potřeba krouticí moment 12,03 Nm, což nepřetěžuje motor, vzhledem k tomu, že spolu s převodovkou dokáže vyvinout krouticí moment 13,06 Nm.

7.3 Zdroj golfového vozíku

Tento golfový vozík je na rozdíl od některých jiných pouze tlačných vozíků, s elektrickým pohonem. Z tohoto hlediska je potřeba dostat k vozíku zdroj elektrické energie. Vzhledem k tomu, že se jedná o golfový vozík, který se bude pohybovat po golfových hřištích na velkých vzdálenostech, je nemyslitelné, aby byl připojen přes klasický elektrický kabel do zásuvky. Proto je potřeba dostat zdroj elektrické energie přímo na golfový vozík. Tímto zdrojem je elektrický akumulátor.

7.3.1 Volba akumulátoru

Pro golfový vozík byl vybrán akumulátor typu LiFeYPO4 od firmy GWL Power jeho název je LFP030AH. Tento akumulátor má napětí 3,2 V, kde pod zatížením poskytuje napětí 3 V. Motory MAXON použité u golfového vozíku, mají napájecí napětí 24 V, proto je potřeba zapojit osm těchto akumulátorů sériově. Po sériovém zapojení mají napájecí napětí 24 V. Takto vzniklý akumulátor bude nabíjet oba motory a řídicí jednotku golfového vozíku. [17]

Délka	152 mm
Šířka	71 mm
Výška	42 mm
Hmotnost	0,75 kg
Jmenovité napětí	3,2 V
Napětí pod zatížením	3,0 V
Kapacita akumulátoru K_A	30 Ah
Maximální vybíjecí proud	210 A

Tabulka 17 – Parametry jednoho článku akumulátoru LFP030AH

Délka	168 mm
Šířka	152 mm
Výška	142 mm
Hmotnost	6 kg
Jmenovité napětí	25,6 V
Napětí pod zatížením	24 V
Kapacita akumulátoru K_A	30 Ah
Maximální vybíjecí proud	210 A

Tabulka 18 – Parametry článků zapojených sériově

7.3.2 Výpočet doby provozu

Pro výpočet celkové doby provozu je důležité určit, kolik kapacity baterie odebírají motory. Motory budou odebírat z baterie 97% její kapacity, zbylé 3 % jsou určeny řídicí jednotce. Potřebné hodnoty dosadíme do vzorce (28).

$$K_{AM} = K_A \cdot 0,97 \quad (28)$$

$$K_{AM} = 30 \cdot 0,97 = 29,1 \text{ Ah}$$

kde K_{AM} - je kapacita baterií určená motorů,

K_A - je celková kapacita baterií.

Při maximálním zatížení motorů odebírá každý jeden z nich proud 9,15 A. Z toho vyplývá, že při zapojení obou motorů na jednu baterii budou odebírat proud $I_{OM} = 18,3$ A. Tyto hodnoty pak lze dosadit do vzorce a vyjde přibližná maximální doba provozu.

$$t = \frac{K_{AM}}{I_{OM}} = \frac{29,1}{18,3} = 1,59 \text{ h} \cong 1 \text{ hodina } 35 \text{ min} \quad (29)$$

kde t - je přibližná maximální doba provozu,

I_{OM} - je maximální proud odebíraný motory.

Je také potřeba zkontrolovat maximální vybíjecí proud, který baterie vydrží. Vybíjecí proud motorů je 212 A, baterie vydrží maximální vybíjecí proud rovný sedminásobku jejich kapacity a to je 210 A. Z toho plyne, že vybíjecí proud motorů je vyšší než maximální vybíjecí proud baterií. V tomto případě je to rozdíl dvou ampér. Aby nedošlo k poškození baterií z důvodu vyšších vybíjecích proudů, je potřeba specifikovat požadavky na řídicí jednotku motorů. Tato řídicí jednotka musí zajistit, aby motory při startu odebírali maximální proud rovný 210 A. Z rovnice (29) vyplývá, že golfový vozík dokáže jet bez zastavení 1 hod a 35 min při maximálním možném zatížení. V reálném prostředí bude pravděpodobně delší dojezdová doba z důvodu jízdy po rovině nebo z kopce, kdy motory nebudou pracovat na plný výkon a proto budou odebírat méně proudu. K přesné době provozu dospějeme pouze vyzkoušením v reálných podmínkách golfových hřišť.

8 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo zpracování konstrukčního návrhu motorizovaného golfového vozíku pro golfové hole. Obsah práce odpovídá zadání bakalářské práce.

Na začátku mé práce byla provedena analýza stávajících konstrukcí golfových vozíků pro golfové hole. Dále byl proveden průzkum mezi výrobcí vozíků, kde byly analyzovány nejlepší modely jednotlivých výrobců. Byl zde také proveden jednoduchý popis výrobců a jednoduchá charakteristika jejich výrobků.

V další kapitole jsou popsány základní požadavky pro konstrukci vlastního elektrického golfového vozíku, kde jsou využity poznatky z průzkumu současných golfových vozíků nabízených na trhu. Požadavky kladené na vozík jsou stejné nebo lepší, než nabízí zmínění výrobci. Součástí kapitoly je i popis používaných pohonů, stejně jako energetických zdrojů.

Byly navrženy tři rozdílné varianty konstrukčního řešení vozíku a to varianty A, B, C. Každá z variant byla blíže popsána, byly definovány přednosti jednotlivých variant.

Výběr optimální varianty probíhal pomocí hodnotové analýzy, kde jsou vybrána charakteristická kritéria, podle kterých se hodnotí, zároveň se stanovila významnost kritérií. Porovnáním kritérií pomocí metody trojúhelníku páru jsem došel k závěru, že optimální variantou je varianta C.

V následující kapitole je podrobněji popsána optimální varianta elektrického golfového vozíku. Jako jsou např. jednotlivé komponenty vozíku, s vysvětlením jejich funkce. Součástí kapitoly je popis podvozku vozíku, jeho nosné části, popis a uložení pohonného ústrojí, stejně jako všech ostatních součástí použitých na tomto vozíku. Dále jsou specifikovány požadavky na řídicí jednotku. Jsou zmíněny požadavky na složitelnost a rozložitelnost, nízkou hmotnost a odolnost vůči vodě a nečistotám.

Poslední část práce se týká výpočtů. Je zde kontrola hlavních částí vozíku. Rozložení hmotnosti vozíku mezi jednotlivá kola, návrh pohonu, požadavky na sílu na jednom kole, krouticího momentu na jednom kole. Výpočet potřebných parametrů. Je zvolen motor a k němu příslušná převodovka, poté jsou jejich parametry zkontrolovány, zdali vyhovují. Je zvolen akumulátor a vypočtena doba provozu vozíku.

Tento elektrický golfový vozík by se mohl na trhu vozíků uplatnit. Bylo by potřeba zkonstruovat funkční prototyp a zjistit zdali vše funguje správně. Naprogramovat řídicí jednotku, což by mohlo být součástí další práce.

9 Seznam použité literatury

- [1] NOVÁK, Petr. *MOBILNÍ ROBOTY: Pohony, senzory, řízení*. Praha: BEN - technická literatura, 2005. 247 s. ISBN 80-7300-141-1.
- [2] SKAŘUPA, Jiří. *Metodika konstruování*. Ostrava : Vysoká škola báňská, 1993. 152 s. ISBN 80-7078-167-X.
- [3] KÁRNÍK, Ladislav. *Servisní roboty* [online]. 2007 [cit. 2011-04-27]. MODELOVÁNÍ A ANALÝZA SERVISNÍCH ROBOTŮ. Dostupné z WWW: <http://robot2.vsb.cz/elekskripta/servisni_roboty/index.htm>. ISBN 80-248-0626-6.
- [4] LEINVEBER, Jan; VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky : pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. Úvaly : Albra, 2003. 865 s. ISBN 80-86490-74-2.
- [5] *Golflevne* [online]. 2011 [cit. 2011-05-10]. Golf pro každého - golfové vozíky. Dostupné z WWW: <<http://www.golflevne.cz/golfove-voziky.html>>.
- [6] *Novotech* [online]. 2010 [cit. 2011-05-10]. Golfové vozíky yamaha. Dostupné z WWW: <<http://www.novotech.cz/golf/voziky-yamaha/>>.
- [7] *Motocaddy* [online]. 2011 [cit. 2011-05-12]. Electric golf trolley. Dostupné z WWW: <<http://www.motocaddy.co.uk/uk/home.html>>.
- [8] *Bat - Caddy* [online]. 2011 [cit. 2011-05-12]. Elektrick golf caddy. Dostupné z WWW: <<http://batcaddy.com/>>.
- [9] *Big Max* [online]. 2011 [cit. 2011-05-12]. Reinventing The Wheel. Dostupné z WWW: <<http://www.bigmaxgolf.com/en>>.
- [10] *JuCad* [online]. 2011 [cit. 2011-05-12]. Golf caddy. Dostupné z WWW: <<http://www.jucad.de/home>>.

- [11] *Wikipedia* [online]. 2011 [cit. 2011-05-13]. Stejnoseměrný motor. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Stejnoseměrný_motor>.
- [12] *Bateria* [online]. 2010 [cit. 2011-05-14]. Olověný akumulátor. Dostupné z WWW: <<http://www.bateria.cz/stranky3/zabava--pouceni/jak-to-funguje-/oloveny-akumulator-pb.htm>>.
- [13] BAGOCKIJ, V. S.; SKUNDIN, A. M. *Elektrochemické zdroje proudu*. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1987. 339 s.
- [14] *Elektromobily* [online]. 2010 [cit. 2011-05-14]. LiFePO₄ akumulátory. Dostupné z WWW:<<http://elektromobil.vseznamu.cz/baterie-v-elektromobilech/lifepo4-akumulatory>>.
- [15] *MAXON MOTOR* [online]. 2011 [cit. 2011-04-28]. Product Finder. Dostupné z WWW: <<http://shop.maxonmotor.com/ishop/article/article/370354.xml>>.
- [16] *MAXON MOTOR* [online]. 2010 [cit. 2011-04-28]. Product Finder. Dostupné z WWW: <<http://shop.maxonmotor.com/ishop/article/article/223089.xml>>.
- [17] *GWL Power* [online]. 2011 [cit. 2011-04-29]. LiFeYPO₄ cells. Dostupné z WWW: <[http://www.ev-power.eu/?p=p_46&sName=lifeypo4-cells-\(3.2v\)](http://www.ev-power.eu/?p=p_46&sName=lifeypo4-cells-(3.2v))>.

10 Seznam příloh

Příloha A: Seznam obrázků

Příloha B: Seznam tabulek

Příloha C: Kontrolní výpočet ložisek (MITCalc)

Příloha D: Požadavkový list

Příloha E: Katalogové listy

Příloha F: Výkresová dokumentace

- Sestavný výkres golfového vozíku kus120-bp000
- Výrobní výkres ložiskový domek kus120-bp009
- Výrobní výkres čep kola kus120-bp010
- Kusovník kus120-bp000-K

Příloha F: CD-ROM Bakalářská práce 2011

CD-ROM Obsahuje:

- Výkresovou dokumentaci v AutoCADu
- Modely 3 variant v CAD systému Pro/Engineer
- Model optimální varianty v CAD systému Pro/Engineer
- Přílohy bakalářské práce
- Katalogy
- Bakalářská práce.pdf

Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Václavu Krysovi, Ph. D. za odborné vedení práce. Za jeho vstřícnost a ochotu poskytovat konzultace a odborné rady. Dále bych chtěl poděkovat všem, kteří mi přispěli svými radami a mé přítelkyni za podporu při psaní práce.

Příloha A

Seznam obrázků

Obrázek 1 - dvoukolový golfový vozík bez elektrického pohonu [5]	12
Obrázek 2 – příklad čtyřkolového a tříkolového golfového vozíku bez elektrického pohonu[5]....	12
Obrázek 3 – golfový vozík Yamaha drive, určený k přepravě osob a golfového vybavení [6]	13
Obrázek 4 – příklad golfového vozíku s elektrickým pohonem [7]	14
Obrázek 5 – golfový vozík Motocaddy S1	15
Obrázek 6 – golfový vozík Bat – Caddy X2 Pro	16
Obrázek 7 – golfový vozík Big Max Gamma	16
Obrázek 8 – golfový vozík JuCad Carbon Travel	17
Obrázek 9 – princip stejnosměrného elektromotoru	19
Obrázek 10 – Olověný akumulátor	21
Obrázek 11 – LiFePO ₄ akumulátor	22
Obrázek 12 – příklad palivového článku	23
Obrázek 13 – Popis varianty A	24
Obrázek 14 – Popis varianty B	26
Obrázek 15 – Popis varianty C	27
Obrázek 16 – podvozek golfového vozíku	31
Obrázek 17 – Základová rámová trubka	31
Obrázek 18 – Vidlice předního kola	32
Obrázek 19 – Uchycení předního kola	32
Obrázek 20 – Nosná část golfového vozíku	33
Obrázek 21 – Klouby s rychloupínacími prvky použity na golfovém vozík	34
Obrázek 22 – Pohonné ústrojí	34
Obrázek 23 – uložení pohonného ústrojí v řezu	35
Obrázek 24 – Upevnění zadních kol	35
Obrázek 25 – Upevnění předního kola v řezu	36
Obrázek 26 – přední kolo bez možnosti natáčení kolem svislé osy	37
Obrázek 27 – složený golfový vozík	38
Obrázek 28 – celkový pohled na vozík s golfovým bagem	39
Obrázek 29 – Poloha těžiště a hmotnost golfového vozíku	40
Obrázek 30 – Síly působící na golfový vozík	41
Obrázek 31 – Síly a momenty na poháněném kole	43

Obrázek 32 – znázornění radiální reakce ZK	44
Obrázek 33 – zavedení momentu MfK	45
Obrázek 34 - Zavedení valivého odporu kola OfK	45
Obrázek 35 – Účinek valivého odporu kola	46
Obrázek 36 – Stanovení odporu stoupání	47
Obrázek 37 – DC motor MAXON RE 50.....	53
Obrázek 38 – příklad planetové převodovky MAXON.....	54

Příloha B

Seznam tabulek

Tabulka 1 – parametry golfového vozíku Motocaddy S1	15
Tabulka 2 – parametry golfového vozíku Bat – Caddy X2 Pro	16
Tabulka 3 – parametry golfového vozíku Big Max Gamma	16
Tabulka 4 – parametry golfového vozíku JuCad Carbon Travel	17
Tabulka 5 – srovnání parametrů golfových vozíků	18
Tabulka 6 – Hodnoty jednotlivých kritérií	28
Tabulka 7 – Hodnotící kritéria	28
Tabulka 8 – metoda trojúhelníků párů	29
Tabulka 9 – Součet vážených indexů kritéria varianty A	29
Tabulka 10 – Součet vážených indexů kritéria varianty B	30
Tabulka 11 – Součet vážených indexů kritéria varianty C	30
Tabulka 12 – Pořadí jednotlivých variant	30
Tabulka 13 – Součinitelé valivého odporu pro různé povrchy	46
Tabulka 14 – přehled parametrů při různých situacích jízdy	52
Tabulka 15 – Parametry DC motoru MAXON RE 50	52
Tabulka 16 – Parametry planetové převodovky MAXON GP 52 C	54
Tabulka 17 – Parametry jednoho článku akumulátoru LFP030AH	57
Tabulka 18 – Parametry článků zapojených sériově	57